

strength of materials 1

1st year civil

Contents

1-introduction to engineering materials

2-metallic materials

- normal stresses

- behavior of engineering materials in static tensile

- Behavior of engineering materials in static compression.

- Behavior of engineering materials in static bending

- Behavior of engineering materials in static shear

Prepared by
Eng.Osama Tarek

الباب الأول: خواص المواد الهندسية

علم هندسة المواد

← هو العلم الذي يختص بدراسة وتمرير خواص المواد المختلفة للمواد المستخدمة في الأعمال الهندسية ودراستها وتحليلها مع اختلاف وظروف التشغيل.

← كما يهتم علم هندسة المواد بتحسين خواص المواد المعروفة واكتشاف مواد جديدة مناسبة للاستخدام وأكثر اقتصاداً.

← يحدد أيضاً للمهندس طرق اختبار ومواد لاختبار والرفض للمواد التي يتعامل معها المهندس للتحقق من مدى صلاحيتها.

المواد الهندسية Engineering material

هي تلك المادة المستخدمة في أي منتج أو لتنفيذ عمل هندسي من الأعمال الهندسية أو الإنشاء.

تقسيم المواد الهندسية

أ- حسب طبيعة التركيب.

ب- // خواص الميكانيكية.

- تقسيم المواد حسب طبيعة تركيبها

Metallic

١- المواد المعدنية

- معادن حديدية Ferrous : مثل حديد الصلب والحديد الزهر والحديد المطاوع.
- "غير حديدية" non-Ferrous : معادن ثقيلة مثل النحاس والنيكل ومنفل معادن خفيفة مثل الألومنيوم والمغنيسيوم ومعادن طرية مثل القصدير والبرص.

Non-metallic

٢- المواد الغير المعدنية

- مواد البناء: مثل الأحجار والطوب والركام والخرسان والاسمنت والخشب.
- "متنوعة": مثل المطاط والبلاستيك والنفط والبوليمرات.

٣- مواد الصلابة للطاقت

- مثل الماء والشمع والمواد البوليمرية واليورانيوم.

- تقسيم المواد حسب خواصها الميكانيكية

Ductile

١- المواد المطيلية

- هي المواد التي يتغير شكلها دون أن يحدث بها استطالة بتأثير الأحمال المختلفة التي تؤثر عليها وتكون خاصية المرونة والصلابة بها عالية وكذلك مقاومتها للشد عالية مثل الحديد المطاوع والألمنيوم.

Brittle

٢- المواد القصفة

- هي المواد التي تكون مقاومتها للشد ضعيفة ولا تقاوم أحمال الصدم ولكن تتحسن مقاومتها للضغط بشكل مناسب مثل الطوب والأحجار والخرسان والزجاج والحديد الزهر.

Semi-Ductile

٣- مواد النصف مطيلية

- هي المواد التي خواصها تجمع بين خواص المواد المطيلية من حيث قدرتها على استطالة بدون انقطاع وخواص المواد القصفة بتحسن ظاهري خواص مرونة مثل الصلب الكربوني والنحاس الأصفر.

المواصفات القياسية والكود

المواصفات القياسية Specification Standard	الكود Code of Practice
في الاشتراطات التي تضعها بعض الشركات أو الهيئات الصناعية والتجارية أو هيئات محايمة حكومية أو مستقلة بحيث يلتزم الموردون بتوفيرها في منتجاتهم وسلاسلهم وتنقسم إلى قسمين:	عبارة عن اشتراطات توضح كيفية تصميم وتنفيذ المنشآت
1- اشتراطات تتعلق بمواصفات المواد مع الأخذ في الاعتبار متطلبات التوفير لقياس	← بصري مع وجود إشارات البناء المتابع لوزنات الإشارات
2- اشتراطات تتعلق بكيفية إجراء الاختبارات القياسية ليتحققه المورد مع مطابقة مواردك ولتتحقق بهل المستهلك من مواصفات مشترياتك. وتحتوي المواصفات القياسية على:	← مخالفتها يعاقب عليه القانون
1- كيفية أخذ العينات 2- تحديد حجم العينة 3- كيفية إجراء الاختبارات والاهتمات 4- حدود القبول والرفض 5- اشتراطات أخرى	← يوجد 48 كود في مختلف الهندسة المدنية
← تصد عنه هيئة التوحيد القياسي بوزارة الصناعة	← مخالفتها يعاقب عليه القانون
← مخالفتها لا يعاقب عليها القانون	← أمثلة: كود مصري ECP 203 كود أمريكي ACI 318
← أمثلة ESS, ASTM	

الاختبارات والتجارب

التجارب: الغرض منها استخلاص نتائج لم تكن معروفة أو متأكد منها قبل الاختبار (كالاتجاهات الاختبار: " منه التحقق من مدى مطابقة مادة أو منتج كود الكود والمواصفات

أنواع الاختبارات

- لا تتسبب في التلف
- اختبارات متلف Destructive tests
 - لا تتسبب في تلف العينة للاستخدام بعد الاختبار (تسبب التلف)
 - دقة النتائج: دقيقة ومالية
 - مكان الاختبار: المعمل
 - الغرض منها: تحديد قيم وحمايتها
 - اختبارات غير متلف Non-Destructive tests
 - يمكن استخدام العينة محل الاختبار بعد الاختبار
 - دقة النتائج: متوسطة وتقريبية
 - مكان الاختبار: موقع أو المعمل
 - الغرض منها: مراجعة نتائج ظهوره تقريبية

خواص المواد الهندسية Illustrate the different Properties of Material

- ١- الخواص الطبيعية : معرفة أبعادها واللون والشكل والوزن النوعي وبناء المادة
- ٢- الكيميائية : التركيب الكيميائي ونسبة الأسمه الهيدروجين المعروفة القاعدية وخواصها
- ٣- الحرارية : معاملات التمدد والانكماش مع التغيرات الحرارية
- ٤- الكهربائية : معرفة المقاومة الكهربائية للمواد وكذلك معرفة التوصيل والعزل الكهربائي
- ٥- المغناطيسية : معرفة النفاذ المغناطيس للمواد وقوة عزل المغناطيس ودرجة التأثير بالمجالات المغناطيسية الحقلية وخواص الكهرباء
- ٦- الصوتية : تأثير الصوت على المواد (الانكسار - الانعكاس)
- ٧- البصرية : مثل التوصيل البصري والانكسار البصري
- ٨- الميكانيكية : هي الخواص التي تتعلق بسلوك المواد الهندسية عند تعرضها للأحمال المؤثرة المختلفة سواء كانت "أحمالاً استاتيكية أو ديناميكية أو متكررة". وتستخدم خواص الميكانيكية كمعيار للمقارنة بين المواد الهندسية المختلفة.

أنواع الأحمال Types of Loads

1- Static Loads

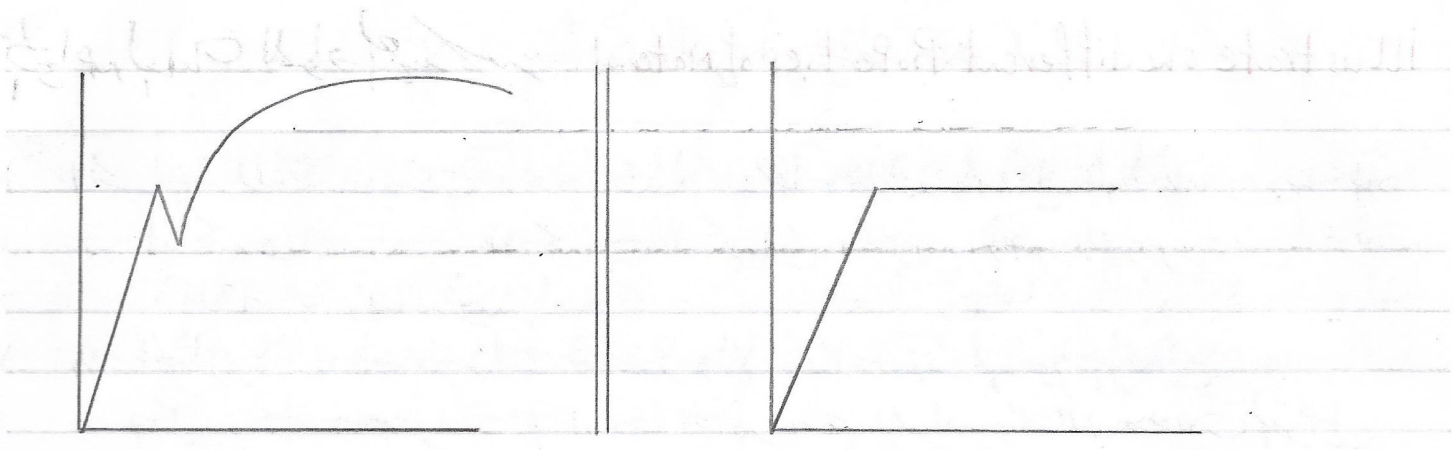
الحمل الاستاتيكي قد يكون فيه تأثير الحمل بطيئاً متزايداً أو متناقصاً تدريجياً حتى يصل إلى القيمة القصوى أو الدنيا بدون حدوث أي أحمال حركية أو اهتزاز (موت)

أمثلة على الأحمال الاستاتيكية :

أحمال اختبارات الشد - الضغط - الانحناء - لقص

حيث أنه الحمل ثابت الاختبار بأحمال تزداد تدريجياً ببطء وبمعدلات تحميل معلومة طبقاً للمواصفات أي من الاختبارات حتى يصل الحمل إلى القيمة القصوى واحدة الكسر بالعينات (مثل : منحنى الحمل والاستطالة لمعدن مطيل) وقد يكون الحمل الاستاتيكي ثابت المقدار والاتجاه وموقع التأثير مثل أوزان الحوامل الثابتة. وكذلك الأحمال الدافعة Dead Load مؤثرة عليها.

كما أن التحميل المستمر أو التحميل الدائم لمدة طويلة مع الزمن بدون تغيير في طبيعة الحمل يؤثر بعد التحميل "استاتيكية".



Dynamic Loads

تكون الأحمال المؤثرة على المواد ماعدا الأحمال اهتزاز أو أحمال صدم وتكون هذه التأثير صغيرة نسبياً .

← ويختلف التحميل الديناميكي عن التحميل الاستاتيكي في أنه الأحمال (التأثيرات) لها شدة من التحميل الديناميكي أعلى بكثير من الأحمال (التأثيرات) الناتجة من التأثير بنفس قيمة الحمل ولكن حمل استاتيكي . ويخضع الحمل الاستاتيكي الذي يعطى نفسه الأحمال (التأثيرات) مع الحمل الديناميكي " بالحمل الاستاتيكي الكافى "

* أمثلة على الأحمال لديناميكية

هبوط الطائرة على الأرض ، طار ← أحمال اجسام متحركة

عند صدمها بأجسام أخرى .

والأحمال الناشئة عن دوران الماكينات وحركة لقطارات ، والأحمال الزلازل

Repeated Loads

هي الحالات التي تتعرض فيها العناصر الإنشائية إلى حمل يتكرر مراراً عديدة

ملاحظات

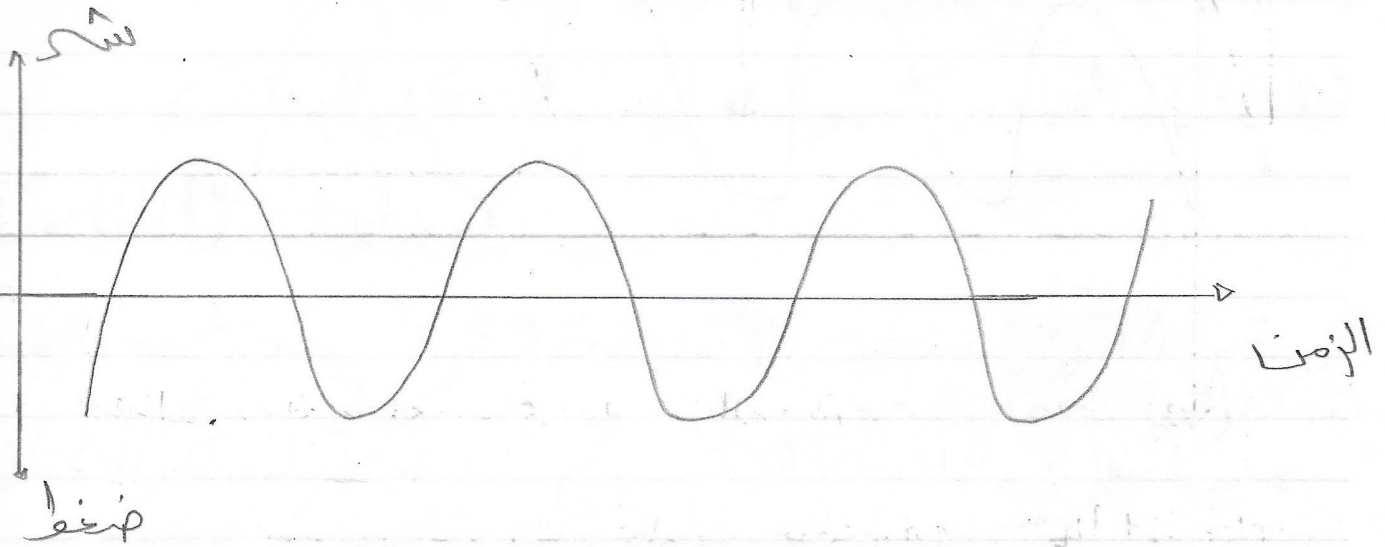
التحميل المتكرر له أهمية خاصة يجب الاهتمام بها لأن العناصر قد تتحمل إجهادات بتأثير الأحمال مرة واحدة ، بينما قد تنهار هذه العناصر تحت تأثير نفس الأحمال أو أحمال أقل منها لو كانت الحمل المؤثر متكرراً مرات عديدة . وبسبب التحميل المتكرر ، إجهادات متغيرة في قيمته غالباً في حدود معينة .

مثال : أحمال العصب " Fatigue "

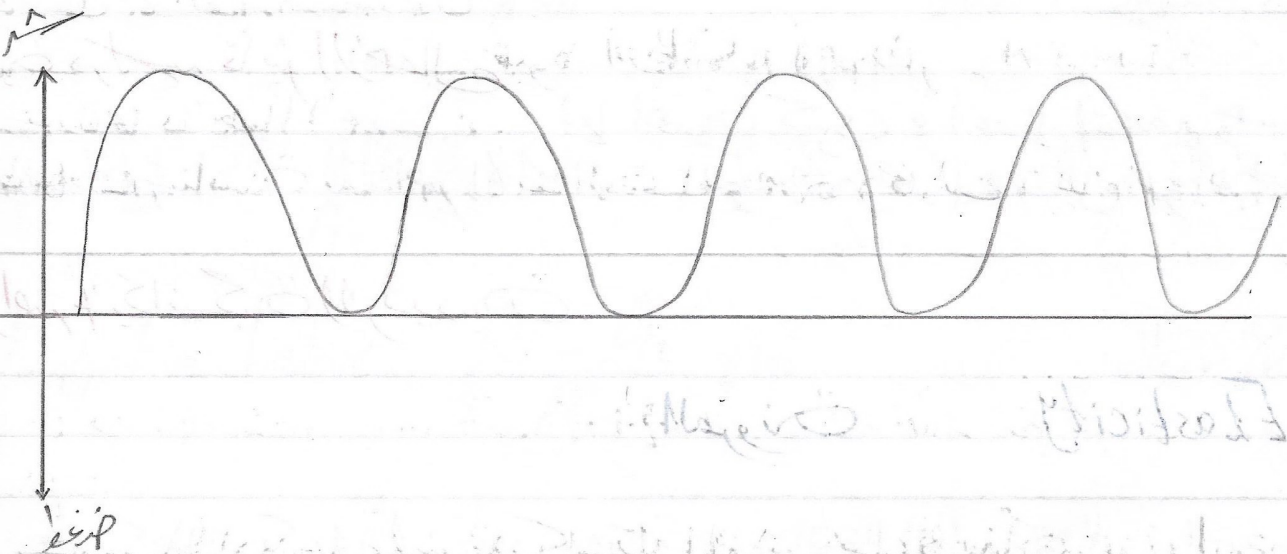
حالات الأجهادات المتكررة

xx

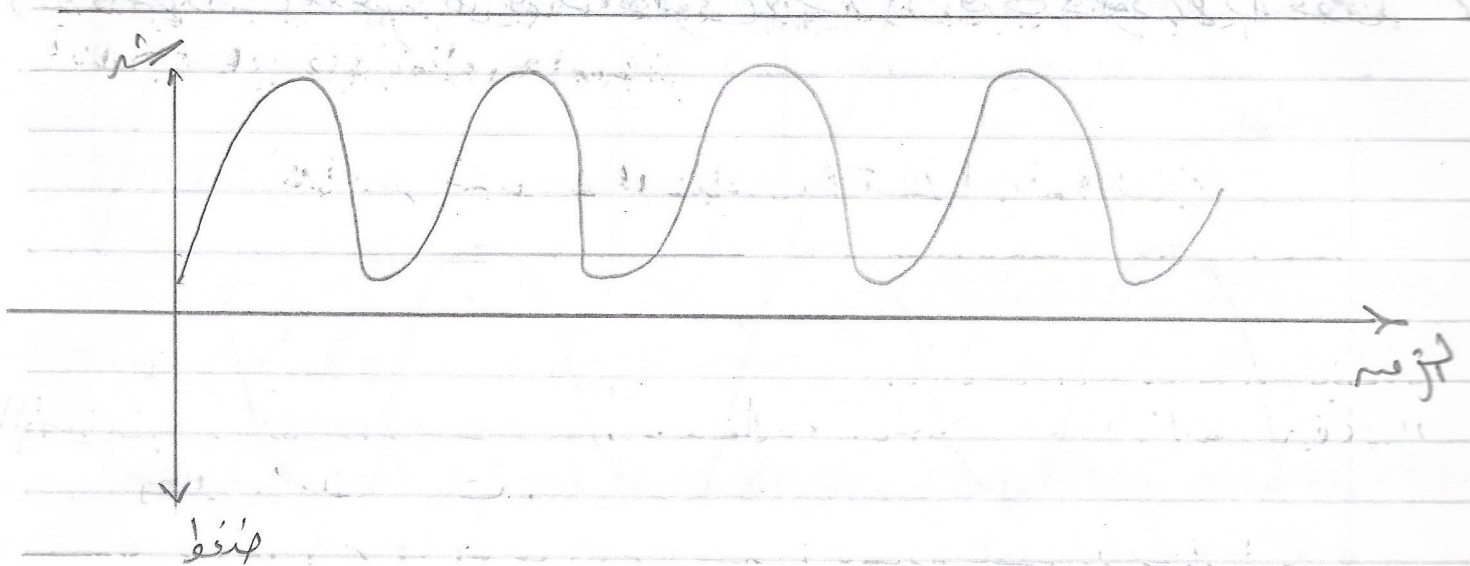
١- أجهادات متغيرة من قيمة قهوى في إحد إلى قيمة قهوى في الضغط



٢- أجهادات متغيرة من قيمة قهوى في إحد إلى قيمة قهوى في الضغط



٣. أجهادات متغيرة مع قيمة عظمى في إشر أو الضغط إلى قيمة صغرى في إشر أو الضغط ولكن بقيمة أعلى من الصفر



4. Quasi - Load Static

أحمال شبه الأحمال الاستاتيكية ولكن تعمل في الاتجاهين

أهمية دراسة تأثير الأحمال

لها أهمية كبرى في أعمال التصميم وحساب المقطاعات المناسبة للعناصر الأساسية المحملة وكذلك تعيين خواص الميكانيكية

خواص ميكانيكية الرئيسية

1. Elasticity المرونة

هي قدرة المادة على استعادة شكلها أو أبعادها الأصلية بعد زوال الحمل المؤثر وعدم بقاء أي تشكل دائم بها.
أجهاد حد المرونة: هو أكبر أجهاد يمكن أن تتحملة المادة بشرط الرجوع للأبعاد الأصلية بعد زوال هذا الأجهاد

CreeP الزحف

قدرة المادة على زيادة تشكلها مع الحرارة والزمن تحت تأثير الإجهاد الثابت

2. Plasticity اللدونة

هي قدرة المادة على الاحتفاظ بشكل دائم ولا تسترجع لها أبعادها الأصلية حتى وبعد زوال الحمل المؤثر.

أهميتها: لها دور كبير في عمليات التشكيل للمعادن

3. Ductility المطيلية

Large deformation هي قدرة المادة على السحب والاستطالة الكبيرة عند تعرضها لأحمال شد.
→ أي انفعال في خواصية التي تسمح للمادة بتغيير لونه كبير تحت تأثير الأحمال الشد دون حدوث تشقق

وتقاس قيمة المطيلية المواد بما يلي

1. النسبة المئوية للاستطالة

$$\text{Ductility} = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100$$

2. النسبة المئوية للنقص في مساحة المقطع

$$\text{Ductility} = \frac{A_0 - A_i}{A_0} \times 100$$

3. معامل الاستطالة

$$\text{Elongation Factor} = \frac{A_0 - A_i}{A_i} \times 100$$

L_0 : الطول الأصلي للعينة

A_0 : مساحة المقطع الأصلية

L_i : الطول البقي بعد الشد

A_i : مساحة المقطع

4-Malleability المرونية

قابلية المادة لدون تغيير لده كبير بعل دونه حدوث تشققه تحت اجهادات الضغط وقد تعمل على التفلح

5. Brittleness التقصف

التقصف هي خاصية التي تجعل (المادة تنكسر قبل حدوث اى تغيير ملحوظ فى الشكل او اذنها عدم قابلية المادة على الاستطالة او لمصحب او الطرق، وبذلك فهي عكس المرونية.
أمثلة: الكبريت، الزهر، الخشب، الزجاج

6-Strength المقاومة

تعرف بانها مقاومة المادة لان حمل مؤثر عليها، وان كان هذا الحمل او ضغط او انحناء او قص، وتعرف بمقاومة الضغط اذا كان الحمل مؤثر على ضغط، والمقاومة للشد اذا كانه على الشد. يمكن ان تكون المقاومة للحمل: اكبر اجهاد تتحمله المادة من خلال تأثير حمل يتزايد ببطء حتى الكسر. وحدرات قياس المقاومة: نيوتن/متر مربع (قوة/مساحة)

7-Stiffness الصلابة

هي مقاومة المادة لاي نوع من التغيير فى الشكل والابعاد. وتعرف المادة صلبة بانها لمادة التي تتحمل اجهادات عالية مع حدوث تغييرات بسيطة فى الشكل وتقاس قيمة الصلابة للمواد بمعيار مرونتها ومعيار رينج للمرونة فى اختبار الشد والضغط المحورى وهو مقياس لصلابة فى حدود مرونته

$$\text{Modulus of Elasticity (E)} = \frac{\text{اجهاد}}{\text{انفعال}}$$

«هى قدرة المادة على مقاومات التشكل»

8. Toughness المتانة

هي قدرة المادة على مقاومة التشقق للأحمال الديناميكية أو انقلع عبر من قدر على على مقاومة الأحمال الصدمية وامتصاص الطاقة (ميكانيكية) مع تغير كبير في الشكل دون حدوث كسر. وتقاس مساحات الكلية تحت منحنى الحمل والاستطالة. ويعرف معيار المتانة بمقدار الطاقة المؤثرة على مكنى الأحمال والانفعال للمواد

9. Resilience الرجوعية

الرجوعية هي قدرة المادة على امتصاص الطاقة دون انه يحدث بغير تشكل دائم والطاقة تسترجع كلياً بعد زوال الحمل، وتقاس بمقدار مساحات تحت جزء مستقيم لمنحنى الحمل والاستطالة. ومعيار الرجوعية يعرف بأنه أكبر كمية من الطاقة المرنة التي تخزن في وحدة الحجم من مادة وتسترجع ثانية بمجرد إزالة الحمل المؤثر ويعبر مقدار معيار الرجوعية للمادة بحساب مساحة تحت منحنى الأحمال والانفعال المرحلي. P_{Pr} هو أقصى طاقة يتم على الجسم في حدود مرونته.

$$R = \frac{1}{2} P_{Pr} * \Delta L_{Pr}$$

10. Hardness الصلادة

الصلادة هي قدرة المادة على الاحتفاظ بشكل سطحها سليماً متماسكاً تحت تأثير الأحمال المختلفة. وقد تعرف الصلادة بأنها قدرة المادة على مقاومة التغيرات الاحتكاكية أو مقاومة الخدش أو القلع أو حدوث أي علامة بها. وهذا التعريف لا يمكن أن يكون تعريفاً عاماً لأنه يعنى لعدد لها مقاومة ضعيفات لنوع من أنواع الصلادة بينما لها قدرة عالية في نوع آخر.

11. Endurance الأحمال

الأحمال هي قدرة المادة على مقاومة الأحمال المؤثرة لمرة واحدة.
 ← حد التحميل: أكبر إجهاد متكرر يمكن أن تتعرض المادة له **بدون حدوث أي تشقق** دون حدوث انهيار للمادة.

Poisson's ratio

نسبة بواسون

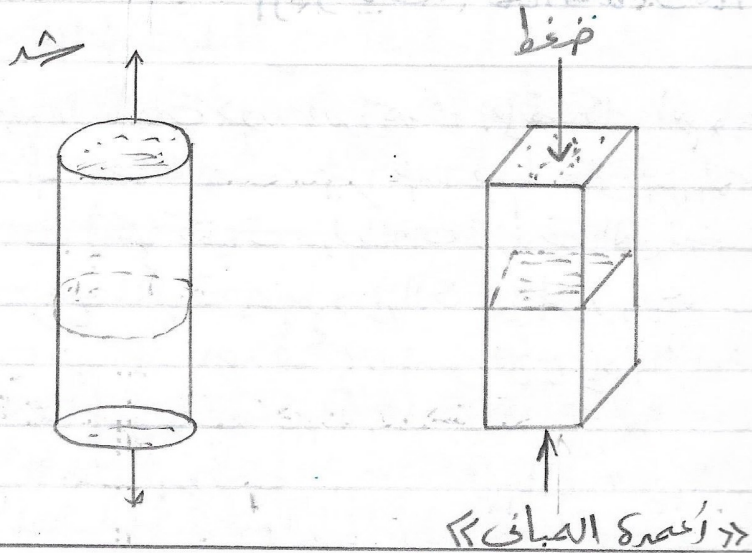
نسبة الانفعال الجانبى إلى الانفعال الطولى في عينات معرّضات إلى حمل

محوري

Normal stress and strain

Normal Force : القوى العمودية

هي قوى ضغط أو شد في اتجاه محور البنية وعمودية على مساحة المقطع



1. Stress "الأجهادات"

الأجهاد : هو القوى الداخلية مقبولة داخل جسم نتيجة الأحمال المؤثرة عليه عمودياً

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

أحمال
مساحة

وحدات N/mm^2 ؟ t/m^2 ؟ kg/cm^2

2. Strain "الانفعال"

الانفعال : هو الاستطالة الكافئة في وحدة الأ طول من المادة (نسبة بين الطول)
(Unitless)

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0}$$

الاستطالة ← ΔL الطول الأصلي ← L_0

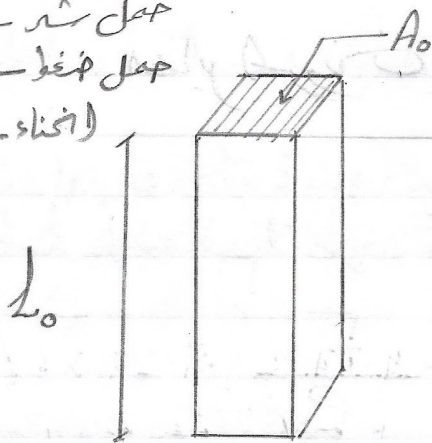
Deformation

(Cm - Inch)

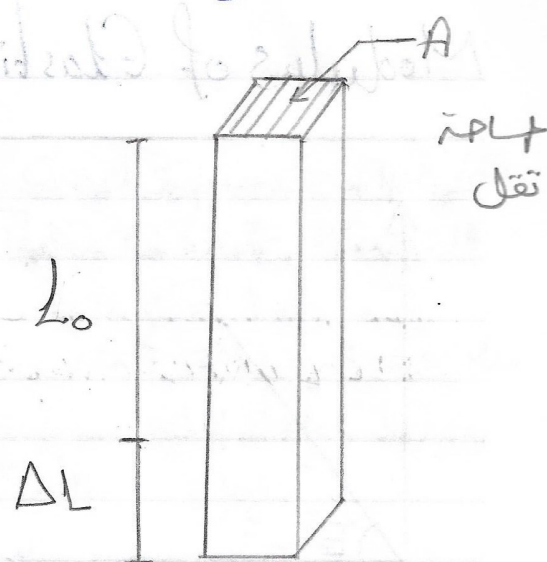
التشكيل المحدود

هو مقدار التغير في ابعاد جسم تحت تأثير الأحمال ΔL

عمل شد ← استطالة
عمل ضغط ← انفعال - انضغاط
(انحناء ← هبوط) (ترخيم)



الحين قبل التأثير عليه بقوى خارجية



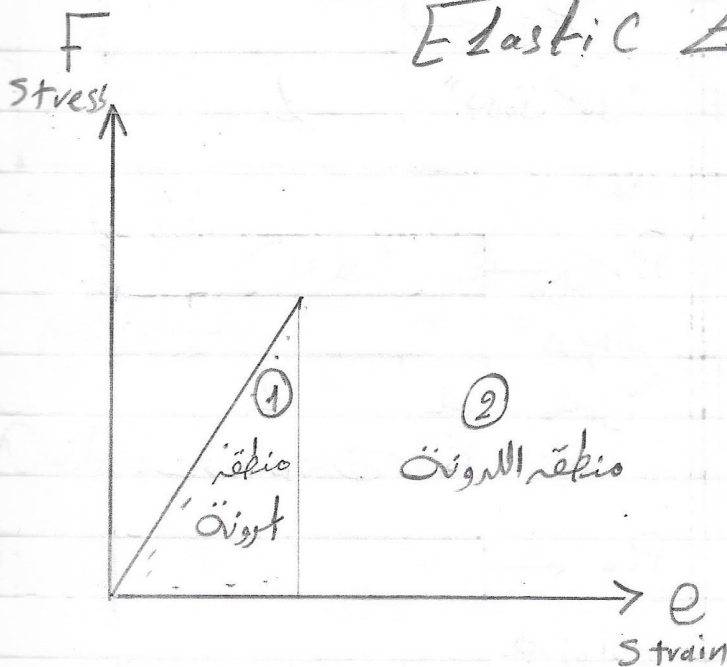
الحين بعد التأثير عليه بقوى خارجية

Young Law:

العلاقة بين الأحمال والانفعال $e \propto F$

وجد أنه النسبة بينهم ثابتة $\frac{F}{e}$ في حدود معينات

Elastic Zone



1. Elastic Zone

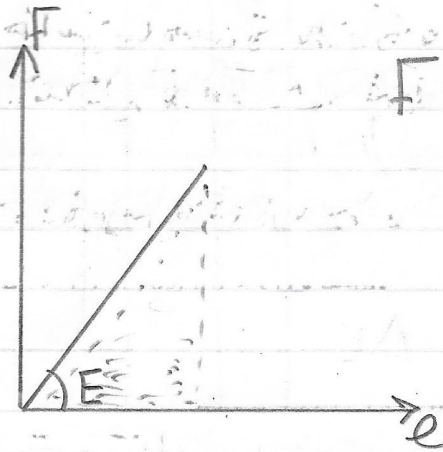
المنطقة تحت خط مستقيم

2. Plastic Zone

منطقة بعد خط مستقيم وحتى نهاية العلاقة

Modulus of Elasticity

معايير المرونة



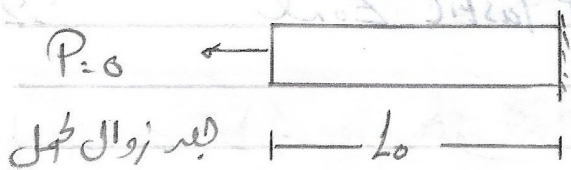
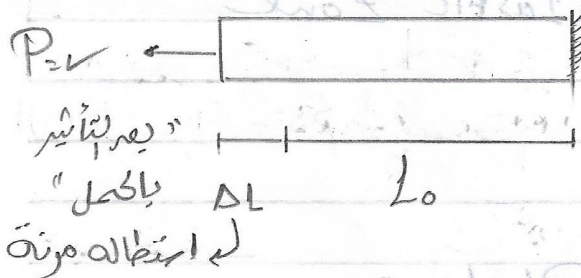
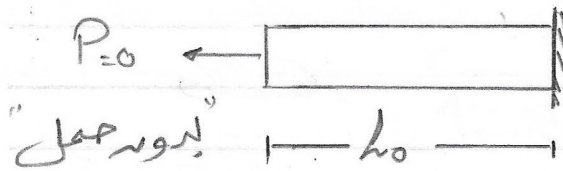
هو ميل الخط المستقيم للعلاقة بين F و e

$$E = \frac{F}{e}$$

لغنى وحدات الأبعاد

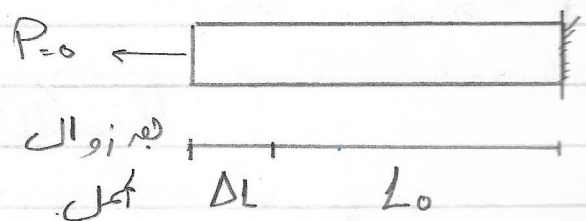
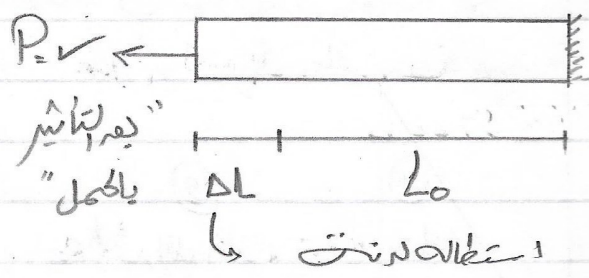
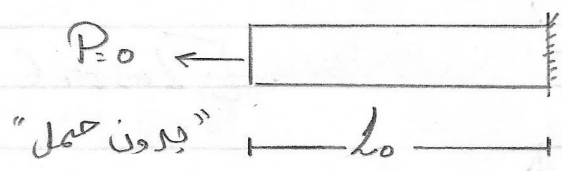
Elastic المرونة

بعد التأثير بالكمال تتشكل مادة وعند رفع الحمل تعود المادة لأبعادها الأصلية > و هو حدوث التشكل للمادة



Plastic اللدونة

بعد التأثير بالكمال تحتفظ مادة بجزء من التشكل كحدث فيعلا ولا تعود لأبعادها بعد زوال الحمل

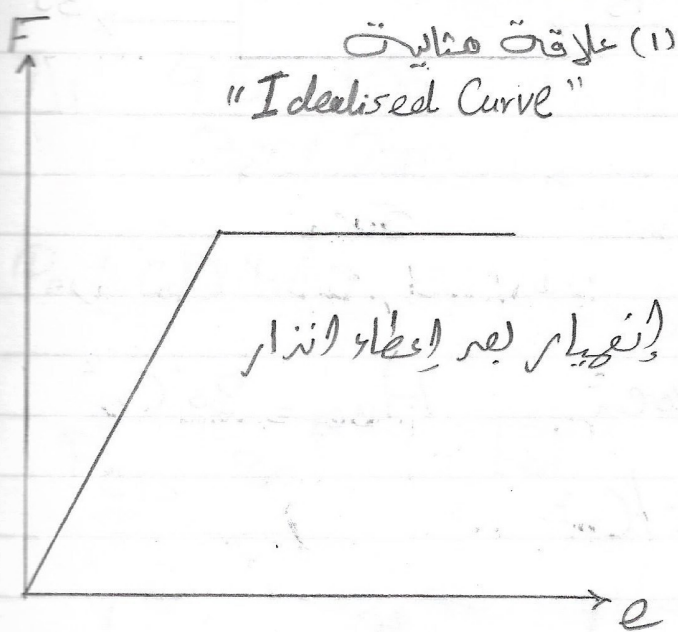


Elastic Modulus (E) معيار المرونة

هو خاصية مميزة للمادة ويغير حجمه عند تعرضه لأي قدر تقابل مقاومات التشكل الحادث فيها نتيجة مؤثر خارجي أو داخلي

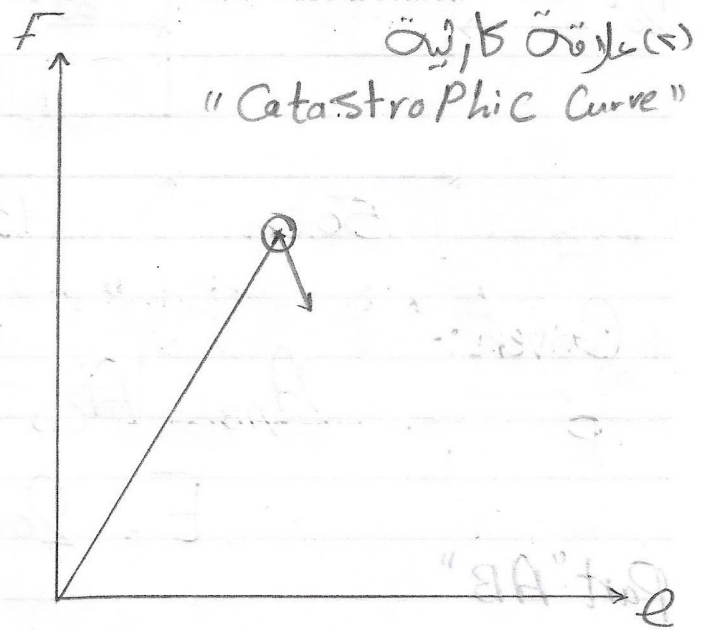
مثال: معيار مرونة الحديد 2000 t/cm^2

Relation Between Stress and Strain



مثال: الحديد الطري
Mild steel L

Ductile مواد مطيلة



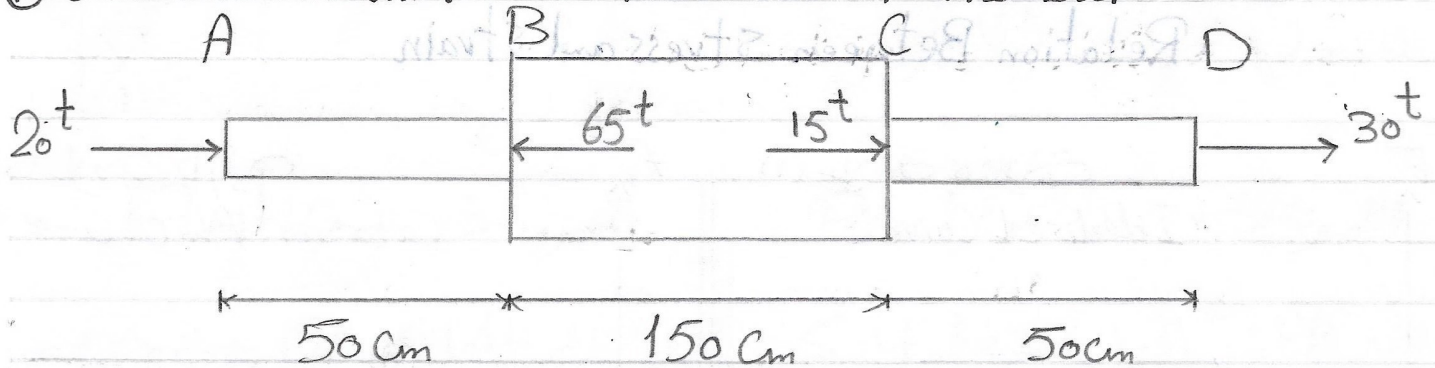
مثال: الخشب، الزجاج
Concrete & Glass

brittle مواد قصفة

Example :-

Calculate the internal stresses and strains at each part for the following member; if the cross section for part AB and CD is 20 cm^2 and for part BC is 30 cm^2 . The elastic modulus for each part is 2000 t/cm^2 .

* Calculate also the total deformation of the bar.



Given:-

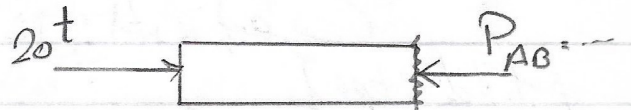
$$A_{AB} = A_{CD} = 20 \text{ cm}^2$$

$$A_{BC} = 30 \text{ cm}^2$$

$$E = 2000 \text{ t/cm}^2$$

Part "AB"

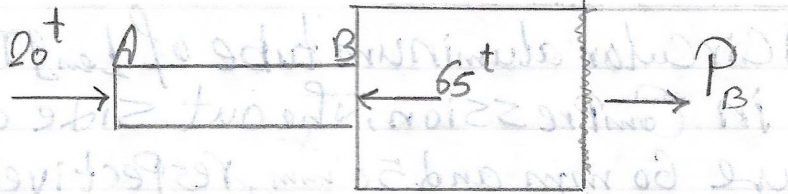
$$P_{AB} = 20 \text{ ton (Comp)}$$



$$\therefore f_{AB} = \frac{P_{BA}}{A} = \frac{20}{20} = 1 \text{ t/cm}^2 \quad (\text{Comp})$$

$$\Delta L = \frac{20 \times 50}{20 \times 2000} = 0.025 \text{ cm}$$

Part "BC"

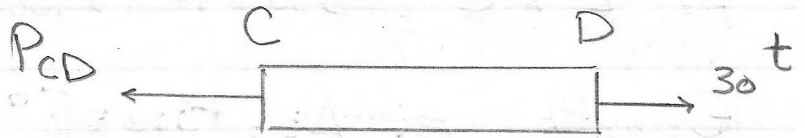


$$P_{BC} = 65 - 20 = 45 \text{ ton (tension)}$$

$$\therefore F_{BC} = \frac{45}{30} = 1.5 \text{ t/cm}^2$$

$$\Delta l = \frac{45 \times 150}{30 \times 2000} = 0.11 \text{ cm}$$

Part "CD"



$$P_{CD} = 30 \text{ t tension}$$

$$\therefore F_{CD} = \frac{30}{20} = 1.5 \text{ t/cm}^2$$

$$\Delta l = \frac{30 \times 50}{20 \times 2000} = 0.04$$

$$\therefore \text{Total Deformation} = -0.025 + 0.11 + 0.04 = 0.125 \text{ tension}$$

ملاحظة: الجسم ليس يكون متوازن

Example: 2

A circular aluminum tube of length 500 mm is loaded in compression, the out side and inside diameters are 60 mm and 50 mm, respectively. A strain gage is placed to measure normal strain in the longitudinal direction if the measured strain is 500×10^{-6} , what is the shortening ΔL and the normal stress of the bar if the elastic modulus is 1000 t/cm^2 .

Sol

$$e = 500 \times 10^{-6} \quad E = 1000 \text{ t/cm}^2$$

$$f = E \times e = 500 \times 10^{-6} \times 1000 = 0.5 \text{ t/cm}^2 \rightarrow \textcircled{1}$$

$$e = \frac{\Delta L}{L} \Rightarrow \Delta L = 500 \times 10^{-6} \times 500 = 0.25 \text{ mm} \rightarrow \textcircled{2}$$

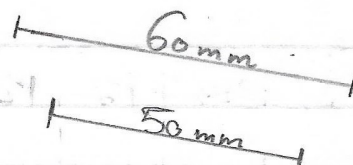
لو طلب (قوى شد) تتجاهلها

$$f = \frac{P}{A}$$

$$A = \frac{\pi}{4} (60^2 - 50^2) \\ = 78.53 \text{ cm}^2 \\ = 7.85 \text{ cm}^2$$

$$0.5 = \frac{P}{7.85}$$

$$P = 3.93 \text{ ton}$$

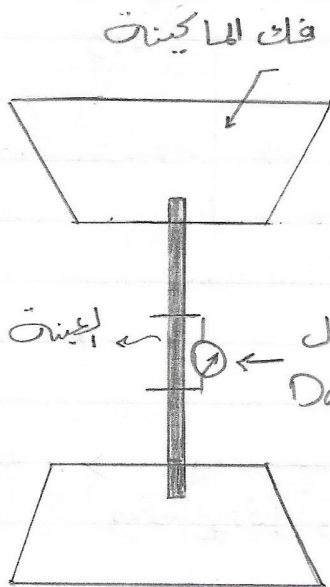


سلوك المواد الهندسية في الهندسة الاستاتيكية

أهمية اختبار البشر

يُعتبر اختبار البشر في المعاداة من أهم وأكثر الاختبارات شيوعاً واستخداماً خاصةً لأنّه من أسهل وأبسط الاختبارات الميكانيكية في إجرائه ومنه أدقها في تكريره لنتائج كما تستند معظم المواصفات القياسية إلى اختبار البشر كإشارة بيان خواص المواد المعدنية لما نتجت من قيمته ودلالة هامة في تكريره هذه الخواص لا سيما وأنه للمواد المعدنية قدرة ملائمة على تحمل أحمال البشر مما يستلزم اختبارها في البشر لبيان مدى تحملها أثناء التشغيل. ويُعتبر اختبار البشر من أهم الاختبارات التي تستخدم في ضبط جودة المواد المعدنية نظراً لوجود علاقة بين خواصه البشر وبين خواصه الميكانيكية الأخرى. لذلك فإنه اختبار البشر يجري للمواد الحديدية والمواد الغير حديدية ونادراً ما يجري مع مواد غير المعدنية (مثل الخرسانة) نظراً لضعفها في تحمل البشر ولأنه عملها في المنشآت هي لتحميل أحمال الضغط. واختبار البشر الاستاتيكي يجري تحت تأثير حمل شد محوري في اتجاه واحد حيث ينطبق اتجاه الحمل على محور طول العينة الاختبار. بحيث يمكن التحميل تدريجياً من الصفر حتى النهاية

تجربة الاختبار



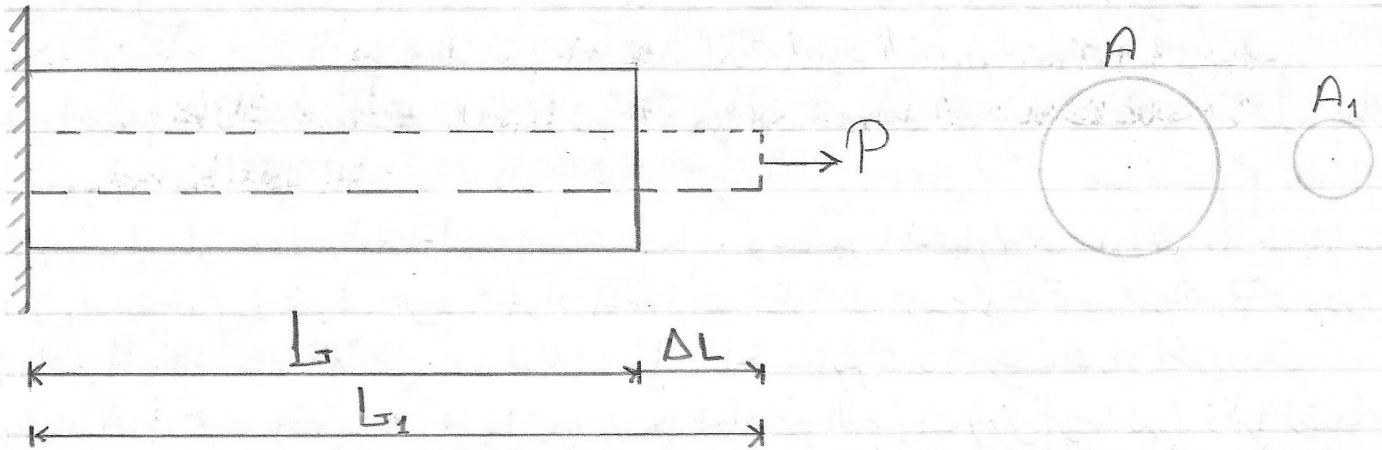
يتم قياس طول العينة الأصلية وطول إختباري وأحدية القطر للعينة ومن خلاله مساحة إختبار (A)

يتم تثبيت العينة في ماكينة ويبدأ الاختبار ويتم تسجيل الحمل المؤثر والاستجابة المصاحبة للحمل وتدون الجدول

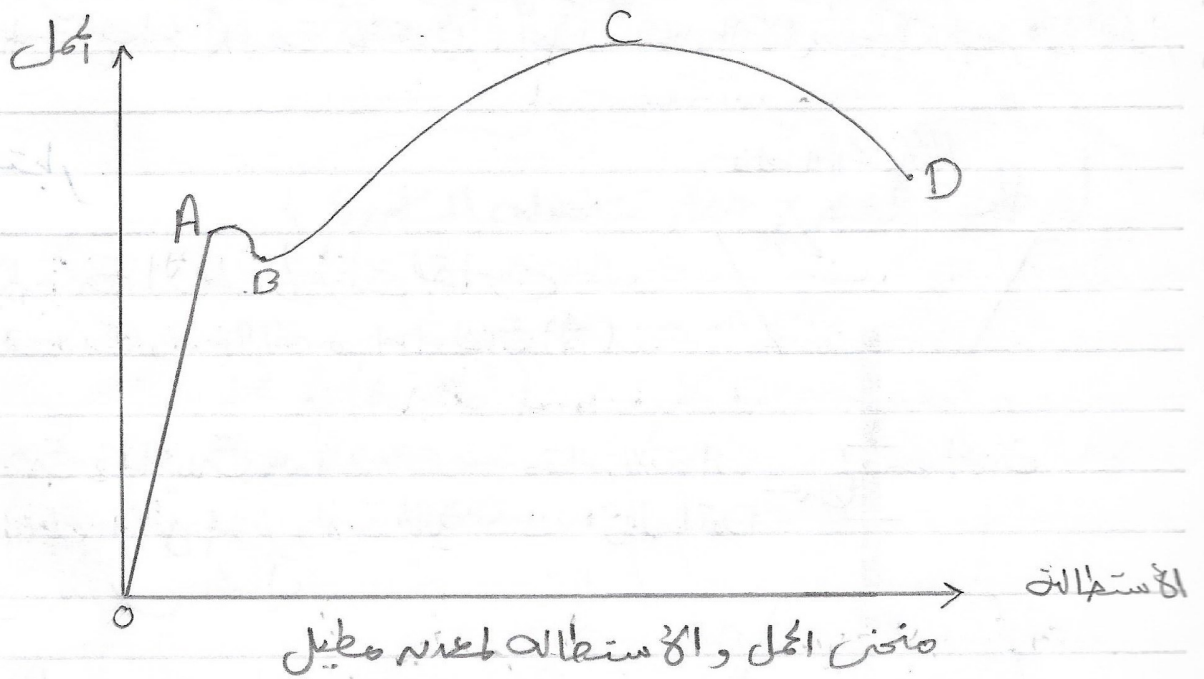
Load (+)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
Def (Δ)	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6

> دراسة سلوك المواد المعدنية المطيلة Ductile Material Behaviour

عندما تتعرض المادة لعينة إسطوانية من الصلب الطري (أي من المعادن المطيلة) إلى حمل شد (P) يتزايد تدريجياً. فإن العينة المحملة أكثر بقل استطالة تزايد بزيادة الحمل.



التحميل بالشد: يزيده طول العينة ويقل مساحة مقطعها.



1. الحمل المؤثر والاستطالة متناهيان حتى نقطة (A)

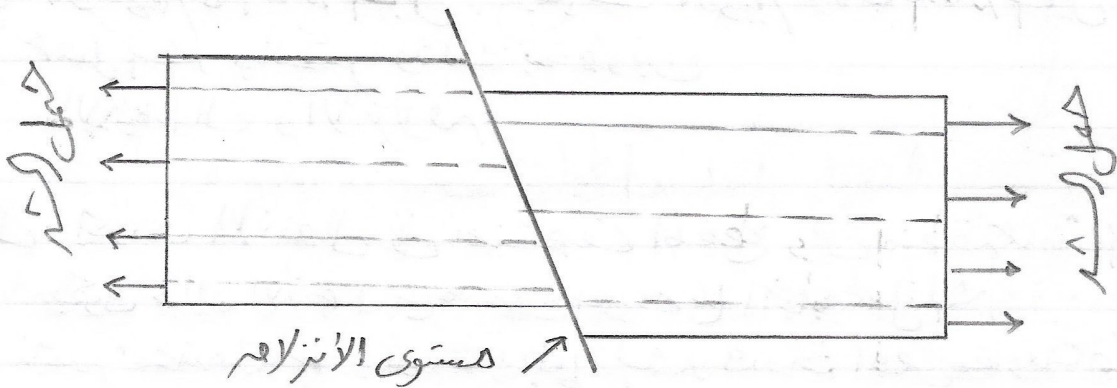
2. إذا استمر في التحميل بعد النقاط (A) فإنه الاستطالة تزداد وبسرعة حتى نجد أنه عند الحمل المقابل للنقطة (B) يحدث استطالة كبيرة وتستمر الاستطالة في الزيادة مع ثبوت الحمل وتسمى هذه الحالة خضوع المعدن كما تسمى النقطة (B) بنقطة الخضوع

٣- وإذا استمر في التحميل بزيادة الحمل أحدث استطالة مصاحبة لكل حمل ولكنها تكون سريعة بعدد الجبر مما كان يحدث في المنطقة (A-0). كما أن الاستطالات تصبح غير متناسبة مع الحمل ويكون الحمل والاستطالة على هيئة هنيئ وليست خط مستقيم كما بالجزء (B-C) ودلالة على النقطة (C) حيث تصل إلى أقصى حمل للعينة المختبرة.

٤- بعد النقطة C يقل الحمل تدريجياً عند النقطة (D) ويكون ماحوياً بزيادة كبيرة في الاستطالات ويستمر التحميل في التناقص والعينة في الاستطالة حتى أحدث الكسر عند النقطة (D)

الظواهر التي أحدث لدى معدنه مطيل من لحظة بداية التحميل وحتى الانهيار

١- ظاهرة الخفض : أحدث الخفض بالمعدن عند اتساع المسافة بين ذرات جزيئاته لدرجات تكسر ارتباط الذرات مما يسبب تغييراً في هذه الذرات وبمضيها. ويكون ذلك ماحوياً بانزلاعه على مستويات داخل الجزيئات

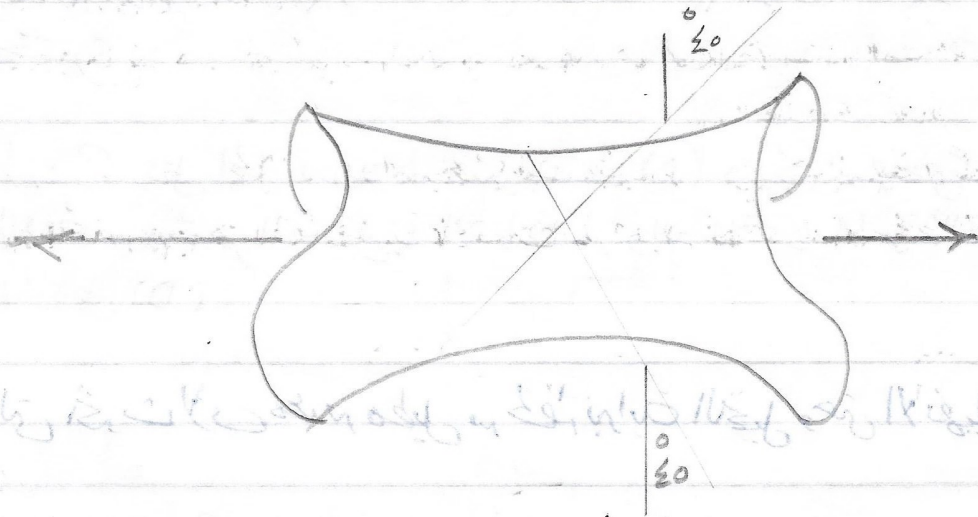


انزلاعه جزء من بلورة معرضة لشد محوري

والخفض يغير حاله عدم توازنه داخل تسبب الانزلاعه لفترة قصيرة حتى يصل لحاله الانزلاعه نتيجة لظاهرة التصلد الانفعالي

٢- ظاهرة التصلد الانفعالي : يمكن تفسير ظاهرة التصلد الانفعالي في انثناء حركة الانزلاعه للجزيئات فأنها تنكسر إلى أجزاء صغيرة جداً قريبة الحدود الأولية للجزيئات وينتج عنه ذلك إزدياد التشاكل داخل معدنه كما يسبب تصلده وبالتالي توقف الانزلاعه

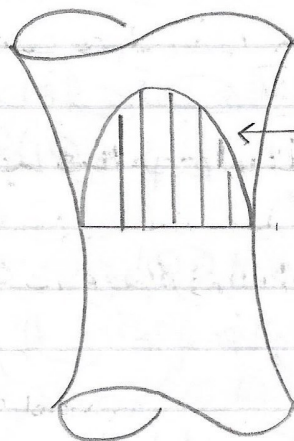
٣- ظاهرة حدوث الرقبة : يمكن تفسير ظاهرة حدوث الرقبة بانزياح انزلاق جزئيات المعدن على مستويات المعرشة إلى أكبر قوة قصه أي على مستويات التي قيل مع درجة مع اتجاه حمل الشد وهذا الانزلاق بسبب وجود اكتميل شد غير محوري



٦٦ حدوث الرقبة لحظة مسديرة لقطع

٤- ظاهرة الانهيار في المعدن الطويل : يحدث انهيار عند لحظة طيل أكثر تأثير حمل الشد بالكسر وذلك بخطوتين الانفعال والانهيار

← الانفعال : يحدث الانفعال في منتصف المقطع وفي منطقة حدوث الرقبة يكون ذلك الانفعال على مستوى عمودي على اتجاه حمل الشد يحدث عند ما تنحصر قيمته الجهد إلى قيمة أقل مقاومة تملاك للمعدن يلاحظ حدوث الرقبة بالبنية يتسبب في جعل توزيع الأجهاد غير منتظم



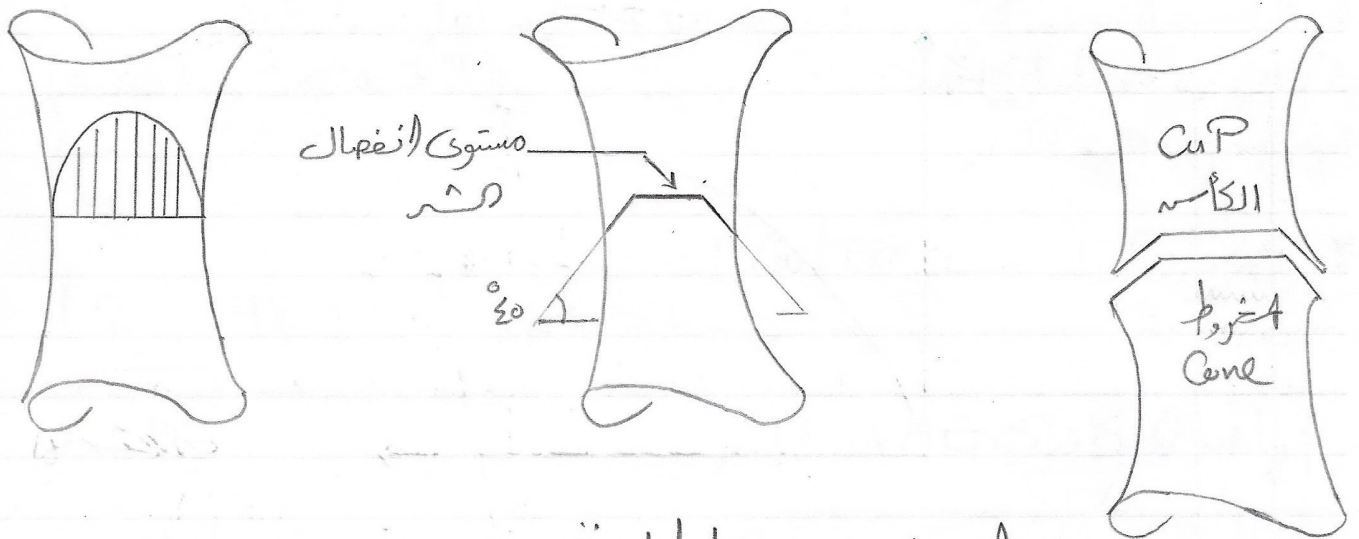
الأجهاد
العمودي

توزيع الأجهاد لمحوري لرقبة قفب شد

← الانزلاق: يحدث فيها استمرار انزلاق جزيئات المعدن في مناطق الرقبة
يؤدي هذا الانزلاق إلى الانهيار بالكسر ويكون على مستوى معين مع الانحناء
يكون الانفصال على هذا المستوى على حروف المقعنتين لإيجاد المقعنة
ويسمى انفصال المقعنة.

يسمى هذا النوع من الانهيار بالكسر للمعادن المطيلة بـ الكأس والخروط
(Cup and Cone Failure)

يمكن اعتبار سبب كسر مواد المطيلة تحت تأثير قوة شد هو ما يشبه المقعنة
أي انه معادن المطيلة تعتبر ضعيفة في تحمل إجهاد عنق في الشد

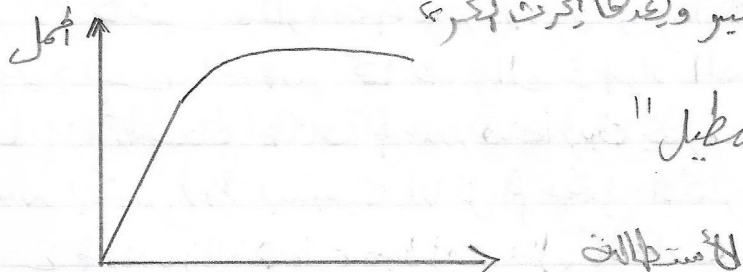


الانحيار المعادن المطيلة

أمثلة على مواد المطيلة: حديد صلب لطيف Mild Steel

دراسة سلوك المواد المعدنية زئف المطيلة
→ High tensile steel

إذا تعرضه قصف من معدن زئف مطيلة مثل صلب عالي مقاومة إلى حمل شد
يزداد تدريجياً ثم تقام قيم الاستطالة لمقاومة لكل حمل. ويرسم منحن الحمل والاستطالة
للمعدن المطيلة. ولكن يلاحظ عدم وجود منطقتي الخضوع. ويكون شكل الكسر على
هياكل قح ومخروط أيضاً ولكن برقبة أقل، ونوعاً منطقي المعدن المطيلة
« مواد تشكّل تشكّل ولكن ليس كبير ويحدث انحراف أكبر »



"منحن الحمل والاستطالة لمعدن زئف مطيلة"

دراسة سلوك المواد المعدنية القصفة

→

عنه تحميل عينته من المادة القصفة مثل الحديد الزهر الحمل خد يزداد تدريجياً فانه منحني الحمل والاستطالة الحادث من هذا الحمل. نلاحظ ايضاً عدم وجود منطقة الخضوع كما انه الاستطالة الحادث من الحمل صغيرة جداً. كما نلاحظ ايضاً عدم وجود رقبة بالعينته. وانه الكسر يحدث على كعيته مستوى عمودي في اتجاه التحميل وكذا يعني انه الكسر بسبب انفعال البئر فقط.

← اي ان المواد القصفة تكسر في البئر تحت تأثير اجهادات احد فقط
لا يعني انه لا تتحمل اجهادات البئر منها في الحمل اجهادات القصف

الحمل

الاستطالة

منحنى الحمل والاستطالة لمعدن قصف

شكل الكسر في مواد القصفة

حالات كسر المعدن باختلاف البئر

→

يكون الكسر عموماً تحت تأثير اجهادات البئر نتيجة الانفعال باجهادات البئر او الانزلاق باجهادات القصف او كليهما وذلك في المقطع الذي يحتوي على رقبته.

← اذا كانت مقاومة المعدن للانزلاق عالية فانه ينكسر بالانفعال كما هو الحال في مواد القصفة.

← اما اذا كانت مقاومة المعدن للانفعال عالية فانه ينكسر بالانزلاق بفعل اجهادات القصف كما هو الحال في المواد المطيلية.

← اما اذا كانت حالة المعدن متقاربة بين مقاومتي الانفعال ومقاومته للانزلاق فانه ينكسر اولاً بسبب الأقل ثم يكمل الكسر بالمقاومة الأكبر. كما هو الحال في معدن النصف مطيلة مثل الصلب عالي الكربون.

Classification of material according to Percentage of Carbon

تقسيم المواد تبعاً لنسبة الكربون

١. الحديد الخام (raw material)

هو الحديد الذي لا يتعدى فيه نسبة الكربون ٠.٣٥٪

٢. الصلب (steel)

هو الحديد الذي يحتوي على نسبة كربون من (٠.٣٥٪ → ٢٪)

ينقسم إلى

- أ. الصلب المنخفض الكربون : نسبة الكربون أقل من ٠.٣٥٪
- ب. الصلب متوسط الكربون : (٠.٣٥٪ < C < ٠.٥٪)
- ج. الصلب عالي الكربون : (٠.٥٪ < C < ٢٪)

٣. الحديد الزهر (Cast iron)

نسبة الكربون (٢ → ٤٪)

خواصه الميكانيكية للمعادن في الشد

١. إجهاد حد التناسب F_{Pr}

هو قيمة أكبر إجهاد يمكن عنده الإجهاد والآنفعال متناسبين أو هو الإجهاد الذي يتوقف عنده إلتناسب بين الإجهاد والآنفعال ويتبين حد إلتناسب برسم منحنى الحمل والاستطالة وتحديد الإجهاد الذي يتوقف عنده الخط المستقيم من المنحنى.

٢. إجهاد حد مرونة Elastic limit

هو أقصى إجهاد يمكن أن تتحملة المادة بغير

الرجوع للإبعاد الأصلية بعد زوال هذا الإجهاد.
حد مرونة = ٠.٥١ ٪ من طول القياس نسبة صغيرة جداً ويمكن إهماله في معظم المعاديل مثل طلب منخفض ومتوسط الكربون

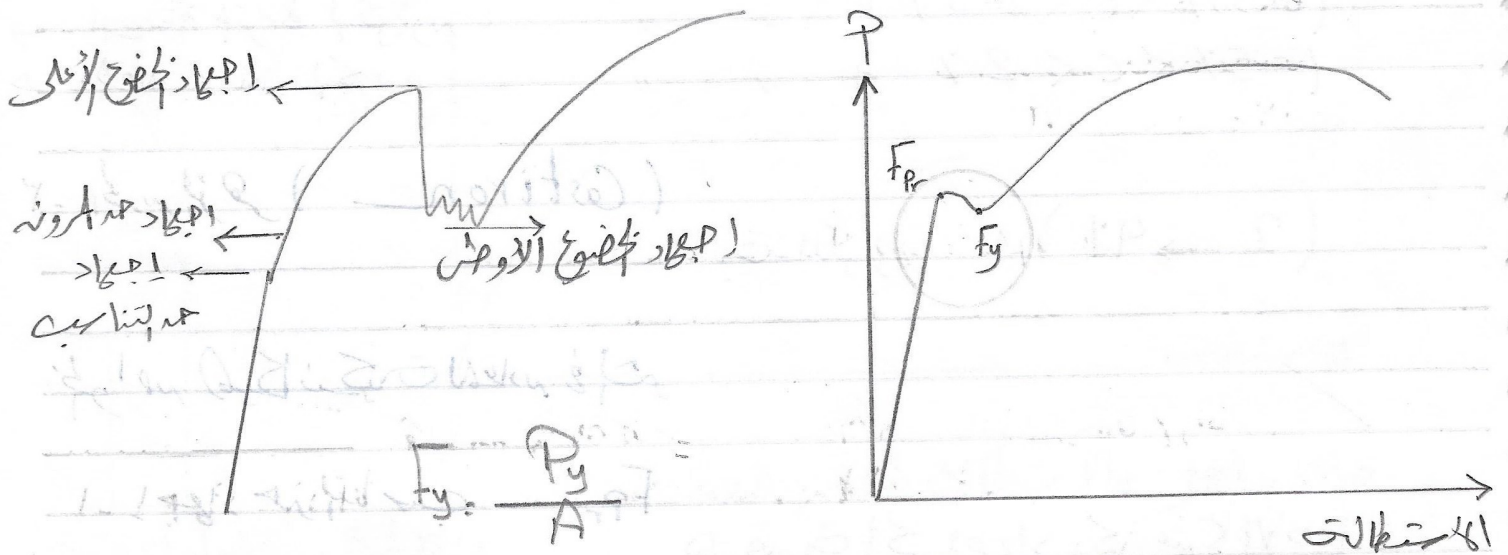
وعلى ذلك فأحياناً يعتبر حد إلتناسب هو حد مرونة مع إهمال هذا الفرق الصغير وذلك ويمكن تعيينه بطريقة جونسون

٣- إجهاد الخضوع Yield stress

إجهاد الخضوع هو الإجهاد الذي يحدث عند

زيادة ملحوظة في الاستطالة بدون زيادة في الحمل. أي أنه الانفعال يزداد بدون زيادة في الإجهاد.

ويتبين لنا أنه لكل لحمل أو نقطة التي تمثل بداية الخضوع تسمى إجهاد الخضوع الأعلى، والنقطة التي يكون عندها أقل إجهاد خضوع تسمى إجهاد الأوطس. وبلا حفا أنه إجهاد خضوع الأعلى غير ثابت القيمة للمعدن الواحد وإنما يتغير طبقاً لظروف الاختبار مثل سرعة التحميل وغيرها. أما إجهاد الخضوع الأوطس فهي قيمة ثابتة للمعدن الواحد. لذلك يطلق إجهاد الخضوع للمعدن على قيمة إجهاد الخضوع الأوطس.



المشكل التفرق مع الحال حد مرونة وفيه إجهاد الخضوع الأعلى

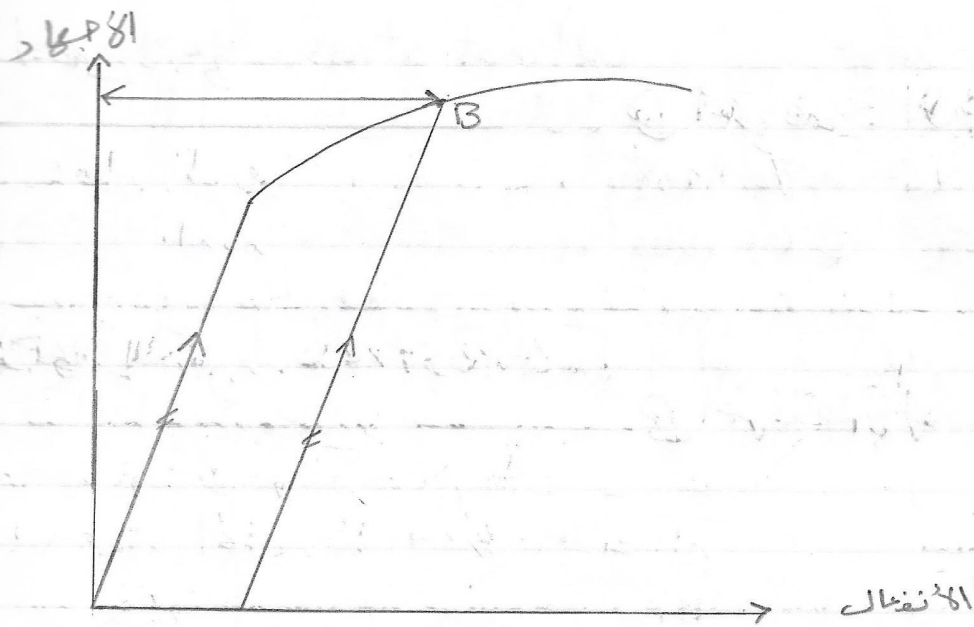
ملاحظة: لا يوجد إجهاد الخضوع في مواد شبة مصلية ويتم التعويض عنه بإجهاد الضمان Proof stress

٤- إجهاد الضمان Proof stress

(*)

هو إجهاد في حدود المرونة للمعادن التي لها خاصية المرونة وليس لها منطقة خضوع. نظراً لوجود خاصية المرونة بهذه المعادن فإنه يلزم مصرفة إجهاد يظهر عند مقاومته في حدود مرونة أو

هو الإجهاد الذي بعد إزالته يتبقى انفعال له أنه على المشأ



0.002 of Gauge length
0.002 من طول المقاس

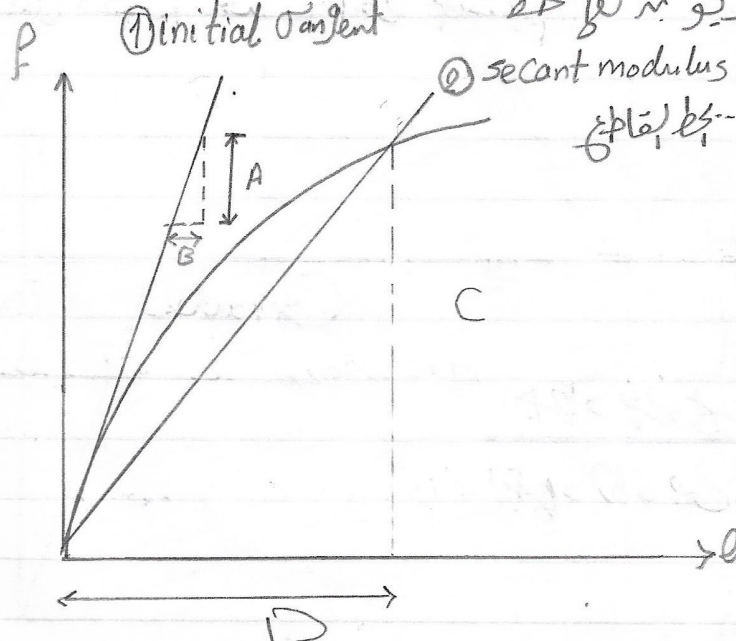
« معنى الأجهاد والانفعال لتقدير إجهاد الشد »

المرونة: Stiffness

في مقاومة المعدن للاستطالة بتحميل تدريجي.
المرونة على إجهاد الانفعال والأجهاد إميل بخط مستقيم

$$E = \frac{F}{\epsilon}$$

تعيين معايير المرونة للمعادن التي لا يوجد لها خط



$$E_{I.t} = \frac{A}{B} = \frac{\text{إجهاد}}{\text{انفعال}}$$

$$E_{S.M} = \frac{C}{D}$$

Ductile Material

4. أقصى إجهاد Ultimate stress

في أعلى قيمة للإجهاد يمكن أن يتحملها الماد.

$$F_u = \frac{P_u}{A}$$

5. إجهاد الكسر Fracture stress

في آخر نقطة في المنحنى وعند ما تنكسر المادة.

$$F_F = \frac{P_F}{A}$$

النسبة المئوية للإمتداد % Elongation

$$\% \Delta = \frac{\Delta_{max}}{L_0} \times 100 = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100$$

النسبة المئوية لتقليل المساحة % Reduction of Area

$$\% A = \frac{A_0 - A_F}{A_0} \times 100$$

A_0 : مساحة المقطع قبل التحميل
 A_F : " المقطع بعد الكسر

معامل المرونة Modulus of Elasticity

يمثل استجابة الماد عند التحميل.

أنها تكون تحت الخط المستقيم

$$E = \frac{P \times L}{A \Delta L}$$

الرتبة Grade

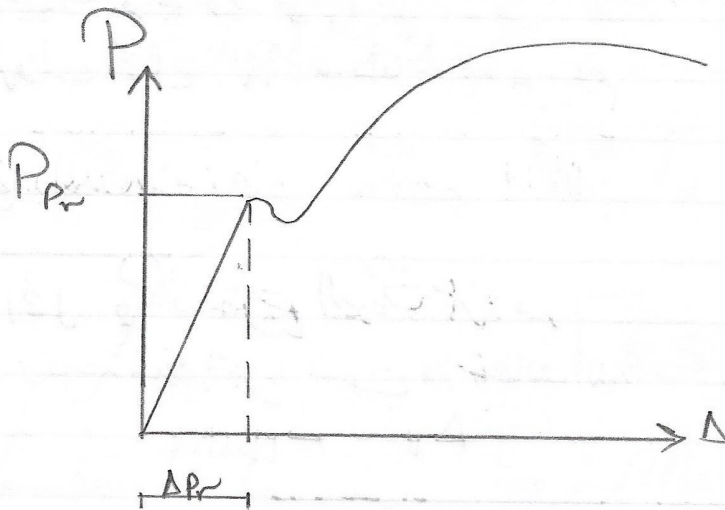
$$C_{Grade} = \frac{F_y}{F_u}$$

إجهاد الخضوع
إجهاد الكسر

الرجوعية (Resilience (R)

في كمية الطاقة التي تمتصها العينة عند
شحنها وحدود مرونة (أي خط الاسترجاع)
وتستطيع إعادة الاسترجاعها بعد زوال الحمل «طاقة مضاعفة تمت امتصاصها»

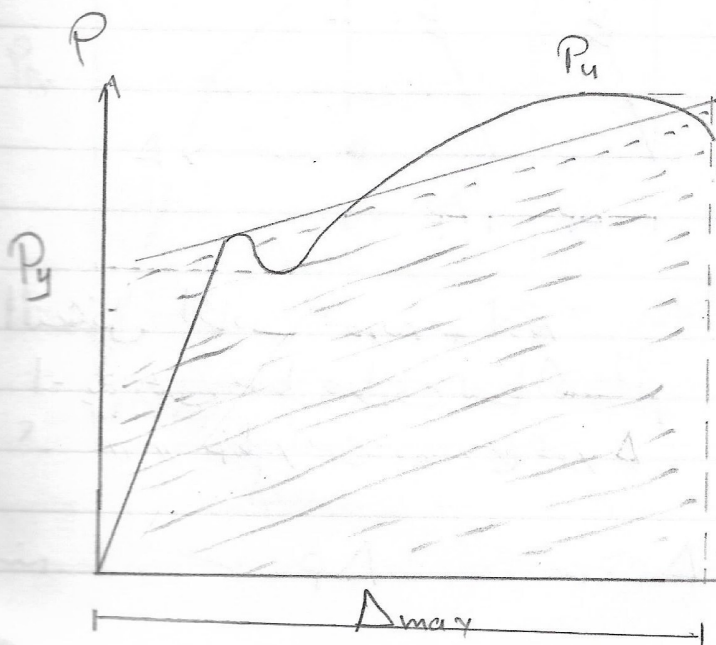
مساحة مثلث $\Rightarrow R = \frac{1}{2} \times P_r \times \Delta P_r$ وتسمى الرجوعية بالطاقة المرنة
وحدات kg.cm Elastic Energy



معايير الرجوعية: Modulus of Resilience : يساوي قيمة الرجوعية
مقسومة على حجم عينة الاختبار

$$M.O.R = \frac{R}{Vol} = \frac{R}{A_0 \times L_0} \quad \text{kg.cm/cm}^3$$

الممانعة (Toughness (T



في كمية الطاقة التي تمتصها العينة
حتى الانهيار عند تعرضها لشد التحميل

$$T = \frac{1}{2} (P_y + P_u) \times \Delta_{max} \quad \text{kg.cm}$$

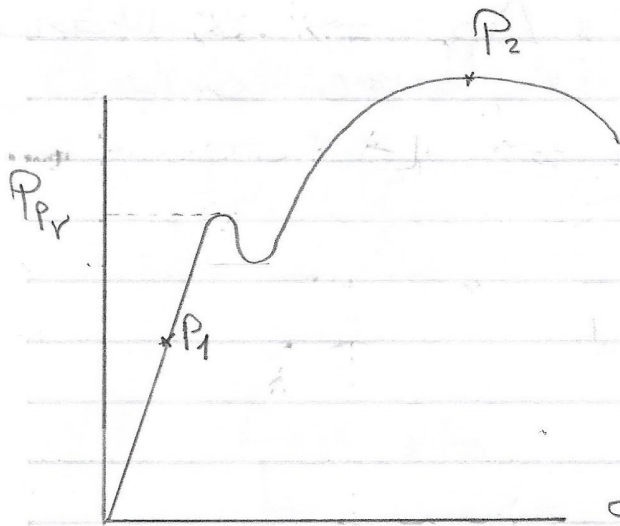
$$M.O.T = \frac{T}{Vol} = \frac{T}{A_0 \times L_0} \quad \text{kg.cm/cm}^3$$

في الطاقة الكلية التي يمتلكها الجسم حتى يكسر الوحدة الحجم M.O.T.

Elastic Deformation
Plastic Deformation

التشكل المرن
التشكل اللدن

١- التشكل المرن:



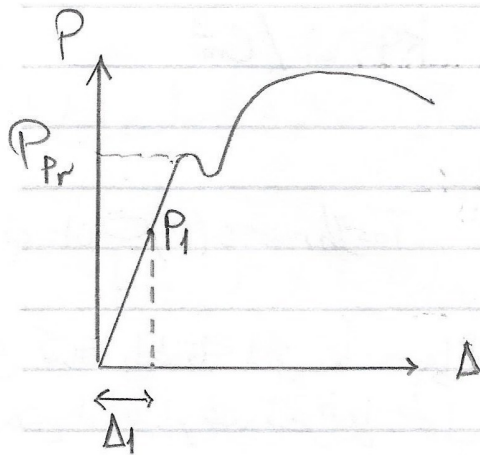
تعود العينة لأبعادها الأصلية بعد زوال الحمل "P" منطقة خط مستقيم

٢- التشكل اللدن:

بعد زوال الحمل و P تسترجع العينة جزء من التشكل وتحتفظ بجزء يسمى الانتطالة الدنة "ΔP" Δ Plastic

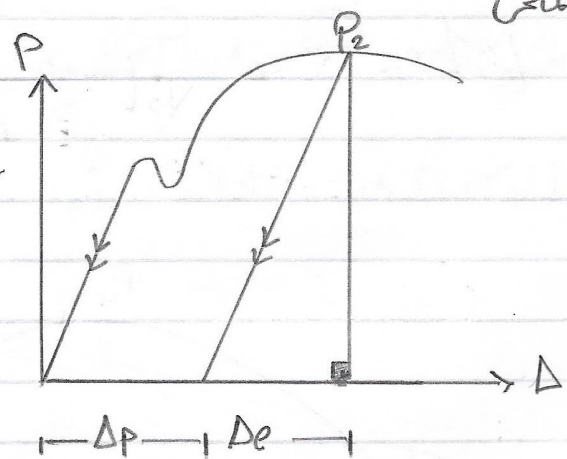
وبالتالي هناك احتمالان

1. $P_1 < P_{Pr}$



التشكل يحدث بشكل مرن
تعود العينة لأبعادها بعد زوال الحمل
 $\Delta_{elastic} = \Delta_e = \checkmark$
 $\Delta_{plastic} : \Delta_p = 0.0$

2. $P_2 > P_{Pr}$



بأني (مفهم)

التشكل يحدث "مرن + لدن"
١- يتم عمل خط موازي للخط المستقيم
٢- "خط رأس عمودي على محور Δ"

$\Delta_e = \checkmark$ $\Delta_p = \checkmark$ مرن

Design Stress (إجهاد التصميم)

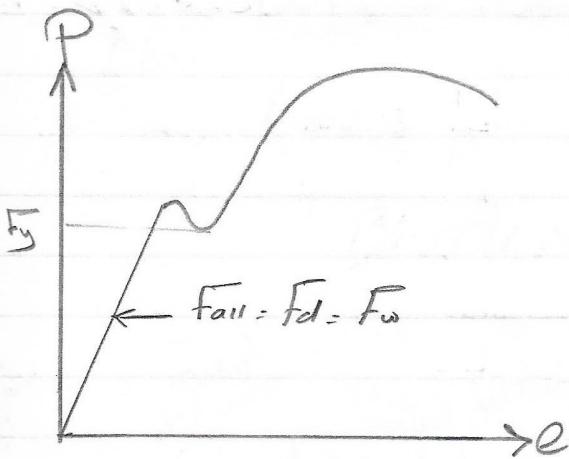
هو الإجهاد الآمن المنشآت للتصميم عليه بحيث يظل تنشأ أنه طوال فترة عمره لذلك يجب أنه يكون الإجهاد واقعة منطقت المرونة

1. Ductile Mat (مواد المطييات)

← معلوميات الإجهاد (الضغط) يمكن الحصول على الإجهاد التصميمي للمادة حيث يؤخذ معامل أمان (Factor of safety)

$$F_{all} = F_d = F_w = \frac{F_y}{F.O.S}$$

$$F.O.S = 1.8 \sim 3$$

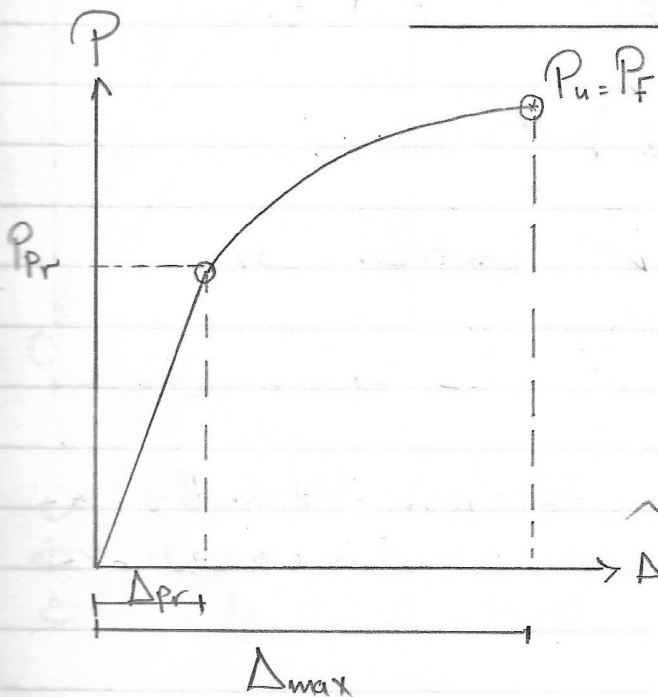


F_{all} : Allowable Stress

F_w : Working "

F_d : design "

Semi Ductile - Mat.



$$F_{Pr} = \frac{P_{Pr}}{A}$$

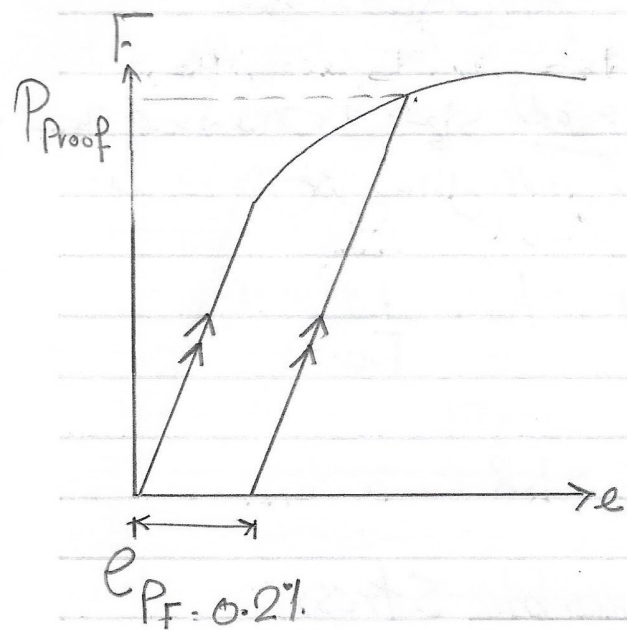
إجهاد حد التناوب

$$P_u = P_F = \frac{P_u}{A}$$

إجهاد الضغط يتم التعويض عنه بإجهاد الضغط

إجهاد الخضوع $P_{\text{Proof. Stress}}$ أو الإجهاد اللدن $Plastic Stress$
 الحجم ما يجزى المواد النصف صلبة كالمواد وجود
 الإجهاد الكفوف F_y ويستبدل بالإجهاد ليس الإجهاد الخضوع

هو الإجهاد الذي بعد إزالة يتبقى انفعال له أنه لا ينشأ



قيماً للحد المرن. ليس بالانفعال له
 النسبة $e_{P_F} = (0.1 \rightarrow 0.5)\%$
 ويكون عادة $e_{P_F} = 0.2\%$

→ Design Stress

2-Semi ductile Mat

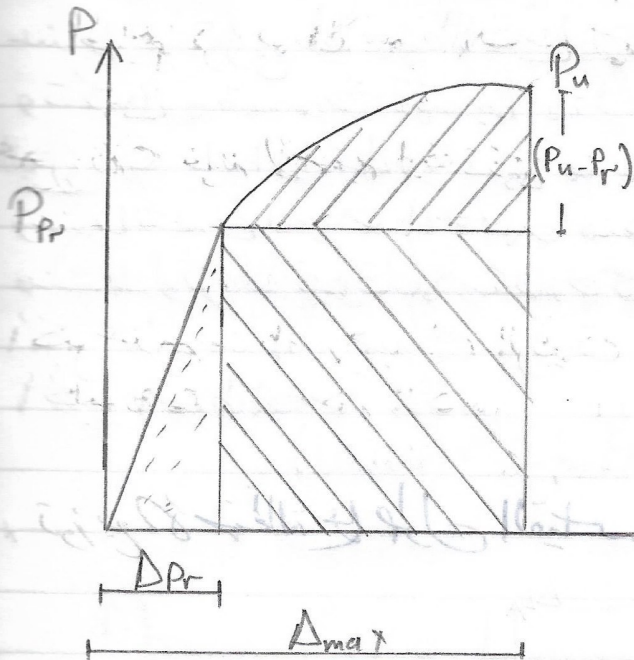
$$F_{\text{all}} = F_d = F_w = \frac{F_{P_F}}{F.O.S}$$

(1.8 ~ 2)

$$\text{Resilience} = \frac{1}{2} \times P_r \times \Delta P_r \quad \checkmark \quad \text{Ductile si}$$

Toughness (T)

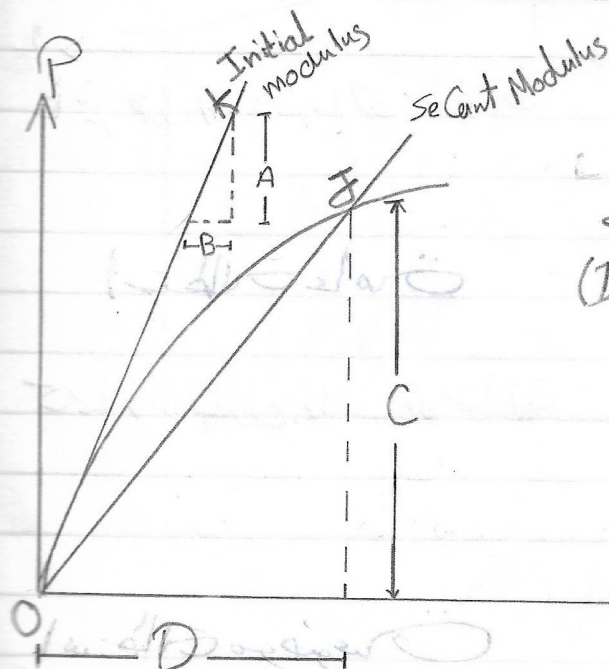
$$T = \Delta + \text{rectangle} + \text{triangle}$$



$$T = \frac{1}{2} \times P_{Pr} \times \Delta_{Pr} + P_{Pr} (\Delta_{max} - \Delta_{Pr}) + \frac{2}{3} (P_u - P_{Pr}) (\Delta_{max} - \Delta_{Pr})$$

$$\therefore M.O.T = \frac{T}{V}$$

Brittle Materials



أهم ما يميز المواد القصفة في المختبر هو عدم وجود خط مستقيم بمعنى عدم وجود منقطة المرونة

① تقاس بلاستيكية المادة التي لا يوجد لها خط مستقيم بوليست
معيار التماس الأول (Initial Tangent Modulus)

2- Se Cant Modulus معيار القاطع $\Leftarrow O F$

$$\rightarrow E_{S.M} = \frac{C}{D}$$

هو خط يقطع المخطط في نقطة معلومة ومنه يمكن تقدير الانفعال

1- Initial Tangent

المماس الابتدائي

O K

هو الأول ولاني نقطة تقريباً على المخطط حيث يتم حساب معيار المرونة للمماس الابتدائي على انعطاف

$$\rightarrow E_{I.M} = \frac{A}{B}$$

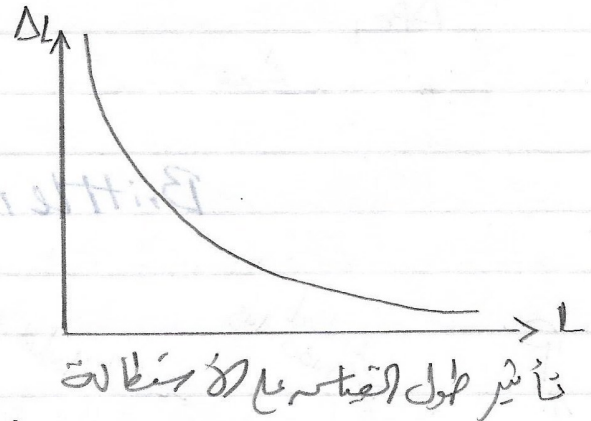
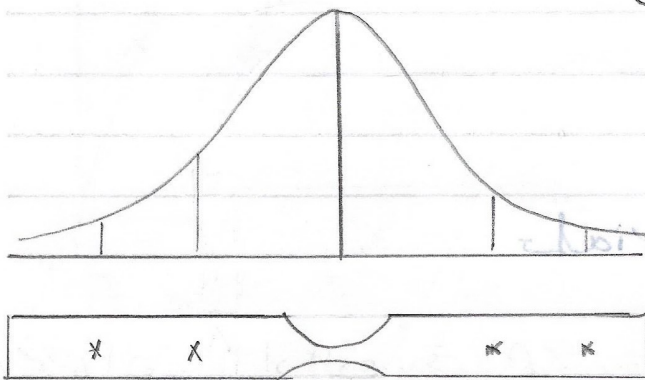
الحداد

انفعال

الاستطالات Elongation

عندما يتم توزيع الاستطالة على جميع المواضع الموضعية على طول القياس وتكون مقسمة تقسماً متساوياً وإذا كان الحمل يؤثر في حدود المرونة فإنه الاستطالة تكون متساوية ومقسمة.
وعندما تتعدى الحيزة المحملة مناطق المرونة يكون توزيع الاستطالة غير منتظم وتزداد قيمة الاستطالة كلما اتجهنا للداخل حيث تكون الاستطالة أكبر عند منطقة حدوث الرقبة ثم تزداد القيمة حتى الكسر للحيزة ليصفه انحناء استطالة عند الكسر

* توزيع الاستطالة على طول القياس للصلب



1- معادلة الاستطالة

→ General Elongation

استطالات عامة

$$\Delta L_1 \propto L_0$$

L : طول الحيز

كما زاد الطول زادت الاستطالة

استطالات موضعية

تتوقف الاستطالة الموضعية على مدى حدوث الرقبة التي تسبب في هذه الاستطالة وتتأثر ترددات مع انحناء التوزيع للمادة

$$\Delta L_2 = \beta \cdot \sqrt{A_0}$$

A_0 : مساحة الأصلية للمقطع

معادلات الاستطالة الكلية

$$\Delta L_{\text{Tot}} = \Delta L_1 + \Delta L_2 =$$

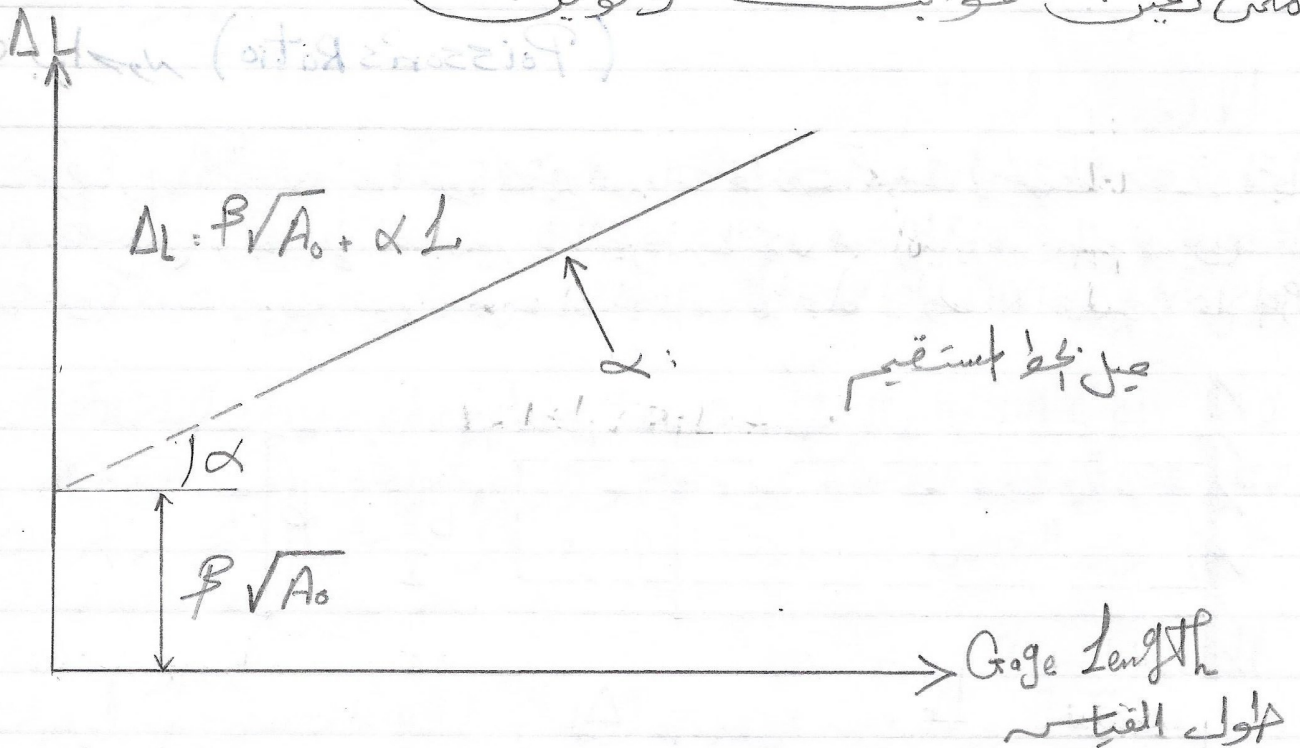
$$\Delta L_{\text{Tot}} = \alpha L_0 + \beta \sqrt{A_0}$$

وتكون النسبة المؤثرة للاستطالة كما يلي

$$\text{Elongation \%} = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 = \frac{\alpha L_0 + \beta \sqrt{A_0}}{L_0} \times 100$$

حيث α β ثوابت أنوين (unwin's constants)

» من أجل تحسين ثوابت أنوين



٢. العينات القياسية لأختبار الشد

متمثلة في جذر مساحة \sqrt{A} وطول L وتسمى المواصفات القياسية لهرية على تثبيت نسبة $\frac{\sqrt{A}}{L}$ في جميع الاختبارات حتى تتوقف المتولدة على نوع المادة

وقد اعتبرت المواصفات القياسية اختبارية لأختبار الشد للامان كما يلي

$$L = 5.65 \sqrt{A_0} \quad \text{العينات القصيرة}$$

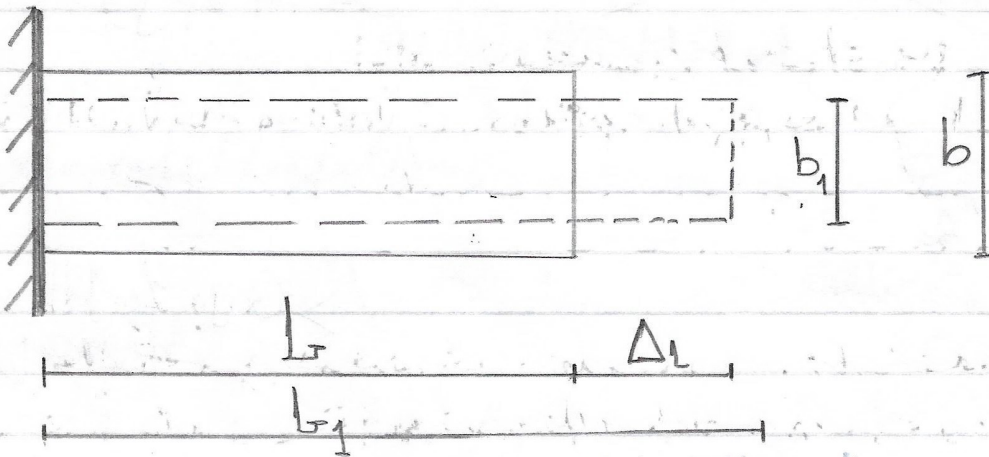
$$L = 11.3 \sqrt{A_0} \quad \text{الطويلات}$$

وذلك يؤدي في حالة العينات ذات القطاعات (مستديرة إلى

$$\begin{array}{ll} L = 5 d_0 & \text{العينات القصيرة} \\ L = 5 d_0 : 10 d_0 & \text{المتوسطة} \\ L = 10 d_0 & \text{الطويلة} \end{array}$$

نسبة بواسون (Poisson's Ratio)

عندما تتعرض عينات معدنية لقوى شد محورية فإنها أكثر استطالة في اتجاه قوى الشد ويقلص في العرض في كلا الاتجاهين المتعامدين على اتجاه قوى الشد. ويتم تعيين قيمة الانفعال في الاتجاه الطول والانفعال في الاتجاه العرضي



نسبة بواسون M

$$M = \frac{\text{الانفعال العرضي } \epsilon_b}{\text{الانفعال الطولي } \epsilon_L}$$

$$\epsilon_b = \frac{b_1 - b}{b} \quad \epsilon_L = \frac{L_1 - L}{L}$$

$$0.0 \leq M \leq 0.50$$

تتراوح قيمة نسبة بواسون للقلب للمواد ٢٥ : ٣٦ ، تكون حوالي ٢٩ ،
للحديد الصلب .
وتكون قيمتها لمعظم المواد المعدنية ٥٠ .

← نسبة بواسون في حدود مرونة

$$\mu = \frac{E}{G} \cdot \frac{1}{2(1+\mu)}$$

E : معيار المرونة
G : معيار الجساءة
μ : نسبة بواسون

العوامل المؤثرة على خواصه بشرط المعاداة
عوامل تؤثر على خواصه ليكانيكية

١- الانفعال الزائد :

تعني تحميل العينات في الشد فوق مرونة ثم إزالة الحمل ثم إعادة التحميل ثانية . يلاحظ زيادة حد التناسب وقيمة إجهاد الخضوع مع حالة التحميل الأولى . (أي أنه قد نتجت زيادة في تحميل أحده في منطقة المرونة)

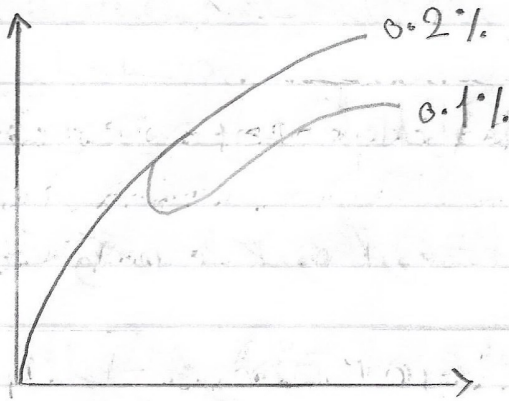
تساهم ظاهرة الانفعال الزائد في تحسين ظروف الأجهادات الناشئة المختلفة مثل السلاسل والكابلات والوصلات التي يتم تعريفها إلى إجهاد ضمانة ثم يتم رفع التحميل بعد نهاية التشغيل وقبل الاستخدام لتخفيف المرونة

٢- التشغيل على البارد :

هو تحميل المعدن فوق حد مرونة ثم إعادة تحميله مرة أخرى و يعتبر من حالات الانفعال الزائد لأنه يمنع عنه أحسن في قيمة حد التناسب و قيمة إجهاد الخضوع ومقاومة الشد ويهاجمه نقص في المصلولة وزيادة أيضًا في خواصه الصلابة والرجوعية وتغير حالات التشغيل على البارد في أحسن خواصه بشرط للكابلات

٣- محتوى الكربون :

تأثر خواصه الشد في المعاداة بالزيادة أو النقصان محتوى الكربون بالمعدن . أي كلما زاد محتوى الكربون زادت مقاومة الشد وإجهاد حد التناسب وقلت المصلولة



٤. > درجة الحرارة ::

إذا زادت درجة الحرارة المعادن منه ٢٥.٠ فإن مقاومة الشد ومعايير المرونة تقل بينما تزداد الممتطولية حيث أن مقاومة الشد تناسب عكسياً مع درجة الحرارة الممتولية " زيادة

٥. سرعة التحميل أثناء الاختبار ::

زيادة سرعة التحميل تزيد من مقاومة الشد وتقلل الممتولية أما المعادن القصفة فلا تتأثر كثيراً بسرعة التحميل.

٦. معدل التحميل في درجات الحرارة العالية ::

تسبب معدل التحميل في درجات الحرارة العالية نقصاً في مقاومة الشد

٧. المعاملات الحرارية ::

تأخذ حوراً متعددة منها

• التخمير والمراجعة : أحسن من مقاومة الشد والخصوع والممتولية حيث أنها تقلل الأحمالات المتخلفة من المعادن

• التقسية : هي تسخين المعدن وتبريده فجائياً وتزيد من مقاومة الشد وتقلل من الممتولية.

• التلبييع : أحسن كثيراً من مقاومة الشد والممتولية.

٨- فرق الإنتاج:

تشكيل المعدن بالدق أو لسحب على الساخن تجعل خواصه مختلفة تماماً على حالات تشكيله بالدق أو بسحب على البارد حيث تزداد مقاومته الشد والرجولية والصلابة وتقل نسبة الممتطية عند التشكيل على البارد عن تلك عند التشكيل على الساخن.

٩- نسبة الانخفاضات للمعدن الأصناف في الجداول: حيث أنه إذا أضيف معدن أو معدن إلى المعدن الأصلي لتكوين سبيكة جديدة فإن خواصها الشد تختلف تماماً عن المعدن الأصلي.

١٠- شكل عنصر الاختيار: يؤثر شكل عنصر الاختيار على خواص الشد في معدنه. حيث يعطى المقطع مستدير مقاومته أكبر من المقطع مستطيل.

١١- المقاومة النوعية للشد: يلزم عند تصميم المنشآت والمكينات أن تتوفر في معدنه استخداماته أن تكون لها مقاومة مناسبة مع قوة إجهاد الوزن. وفي أمثلة ذلك أعمال الطائرات ولذا لا يغفل في هذه الحالة المعدن الذي له أكبر مقاومة شد لوحدة الوزن وتسمى هذه الخاصية وهي مقاومة شد لوحدة الوزن بالمقاومة النوعية للشد (٦٩٧).

Examples

1. A tension test was performed on steel specimen having a gage length of 18 cm. The test results are recorded as follows: and cross section diameter of 18 mm

Load (t)	4.0	6.25	9.0	8.25	10	11.25	13.25	13.75	12.5	10
Elongation (mm)	0.08	0.125	0.18	1.125	5.0	11	20	30	37.5	42.5

Plot complete load-extension graph and determine the following

- | | |
|------------------------------|---------------------|
| 1- Proportional Limit Stress | 2- Yield Stress |
| 3- M.O.E | 4- Tensile Strength |
| 5- Elongation Percentage | 6- M.O.R |
| 7- M.O.T | 8- Design Stress |

Answer:

1- Proportional Limit Stress (F_{pr})

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot 1.8^2 = 2.54 \text{ cm}^2$$

$$F_{pr} = \frac{P_{pr}}{A} = \frac{9}{2.54} = 3.54 \text{ t/cm}^2$$

2- Yield Stress (F_y)

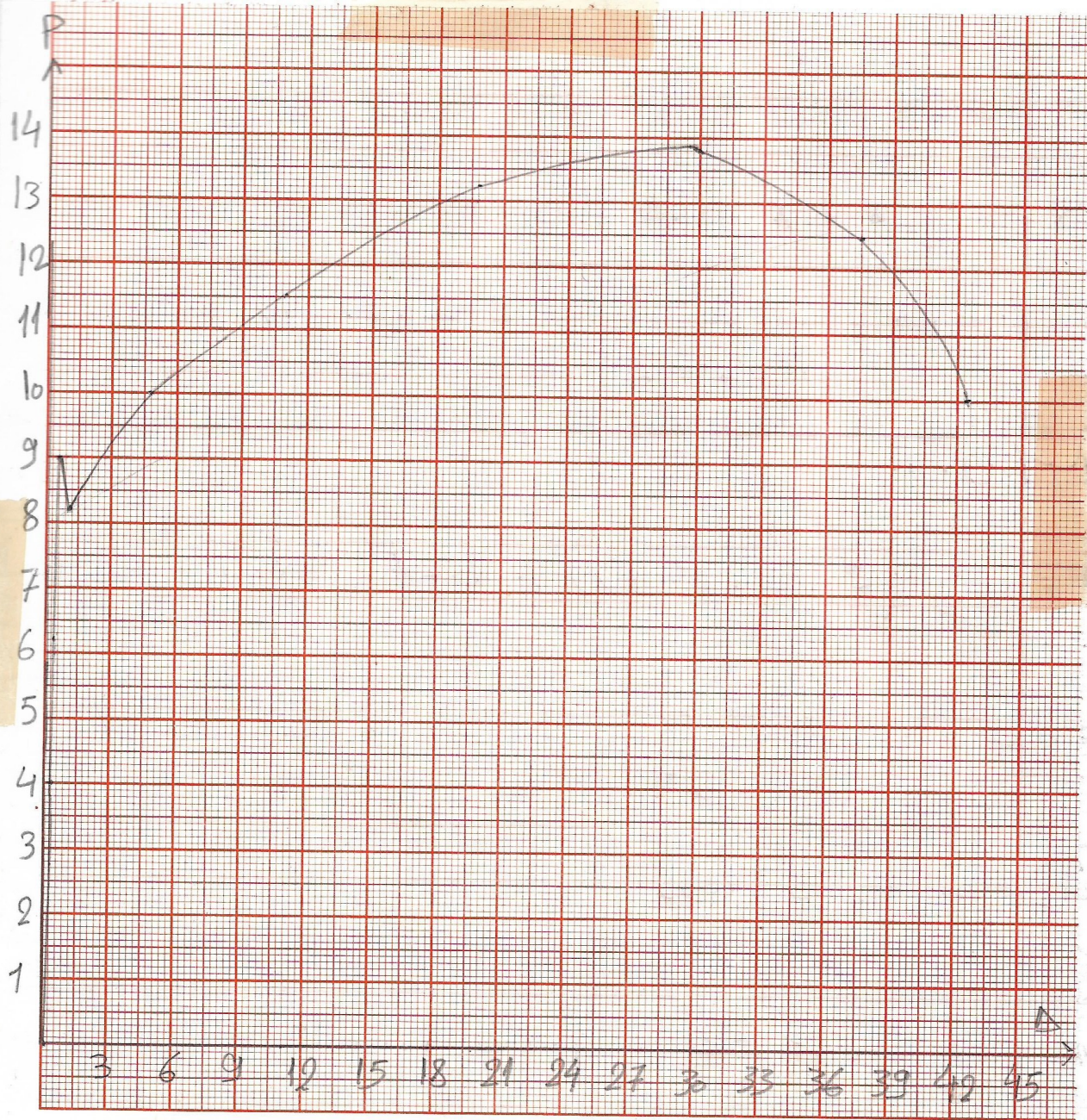
$$F_y = \frac{P_y}{A} = \frac{8.25}{2.54} = 3.25 \text{ t/cm}^2$$

3- M.O.E

(حجمه در هر طول)

$$M.O.E = \frac{P \times L}{A \times \Delta L} = \frac{4 \times 18}{2.54 \times 0.008} = 3543 \text{ t/cm}^2$$

لازمه: تمام اینها را اول فقط در جدول و انجیل واحد است. ۱



4. Tensile Strength : أقصى إجهاد شد (الحد الأقصى للإجهاد) : ultimate stress

$$F_u = \frac{P_u}{A} = \frac{13.75}{2.54} = 5.41 \text{ t/cm}^2$$

5. Elongation Percentage :

$$\frac{\Delta L_{max}}{L_0} \times 100 = \frac{4.25}{18} \times 100 = 23.61 \%$$

6. M.O.R

$$R = \frac{1}{2} \times 9 \times 0.018 = 0.081 \text{ t.cm}$$

$$\therefore \text{M.O.R} = \frac{0.081}{18 \times 2.54} = 0.00177 \text{ t/cm}^2$$

7. M.O.T

$$T = \frac{1}{2} (8.25 + 13.75) \times 4.25 = 46.75 \text{ t.cm}$$

$$\therefore \text{M.O.T} = \frac{46.75}{18 \times 2.54} = 1.022 \text{ t/cm}^2$$

8. Design Stress

$$F_{all} = \frac{F_y}{3} = \frac{3.25}{3} = 1.08 \text{ t/cm}^2$$

2. A tension test was performed on a brass specimen having a gage length of 4.0 cm and cross-sectional area of 1.0 cm^2 . The recorded test results are as follow

Load (ton)	0.5	0.60	1.0	1.5	2.0	2.45	2.75	3	3.22
Elongation (mm)	0.0125	0.015	0.025	0.0375	0.05	0.1	0.15	4.25	8.4

Determine the following

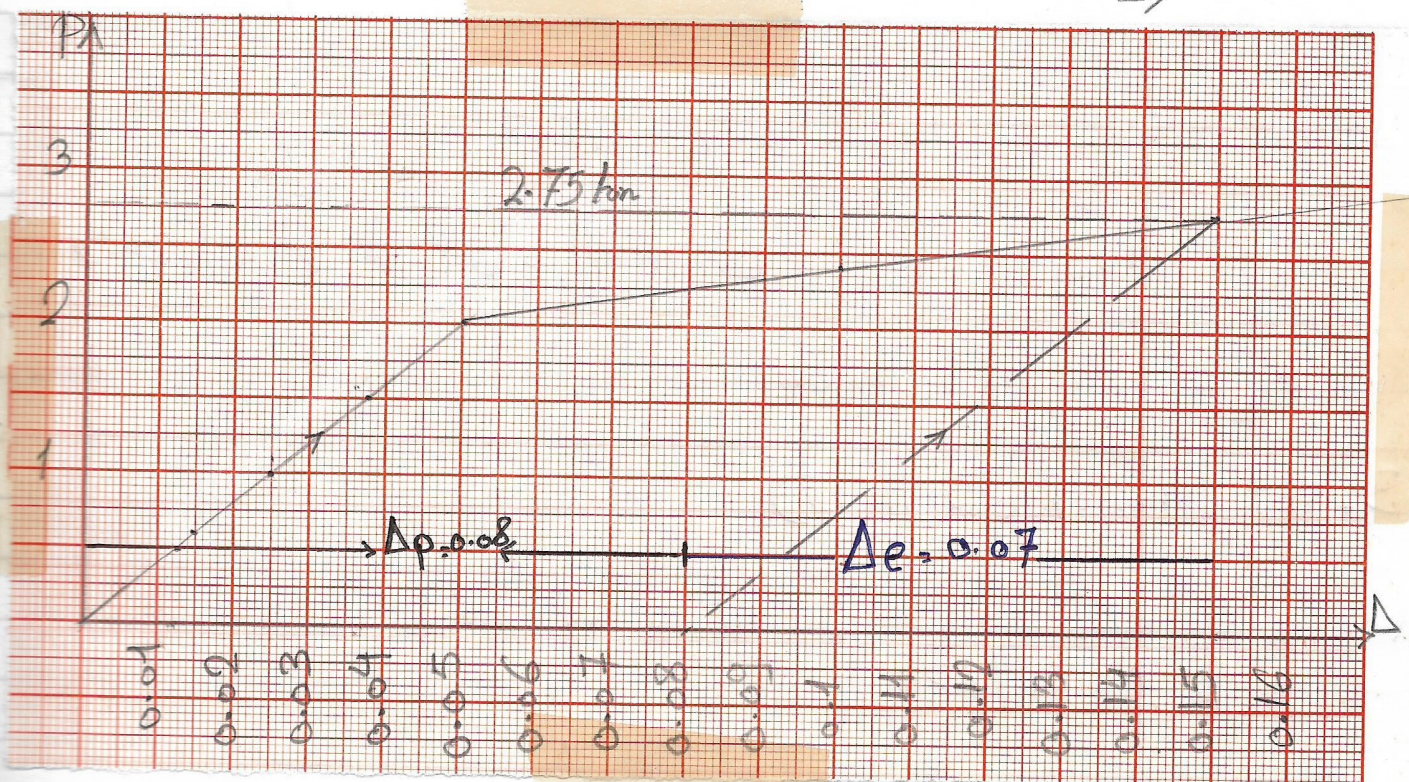
1. Tensile Strength
2. 0.2% Proof Stress
3. Modulus of Elasticity
4. Resilience
5. Material Type expected
6. if the specimen is unload at 2.75 ton, what would be the expected length and cross section area

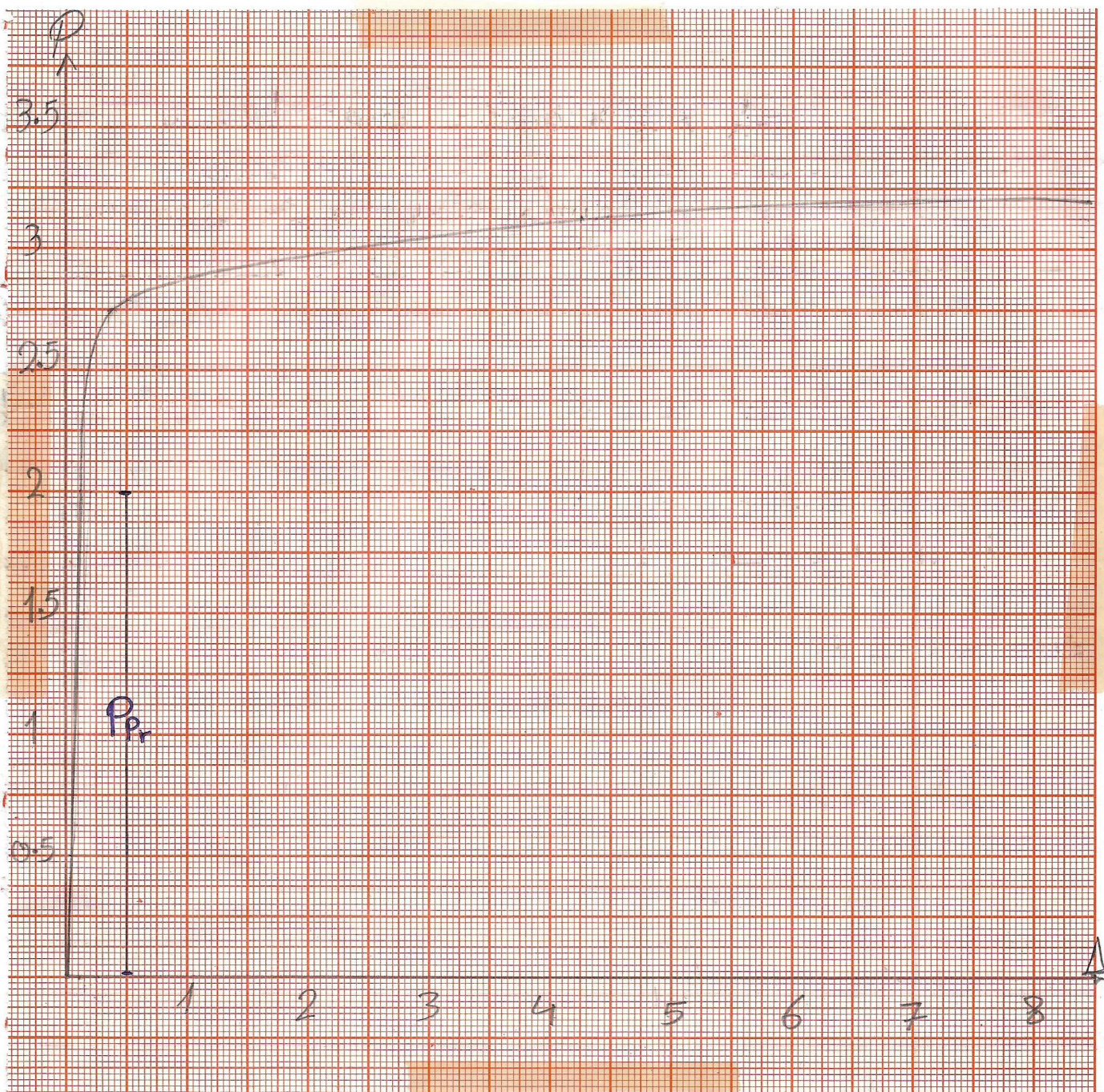
Answer

A. 1 cm^2

1. Tensile Strength: $F_u = \frac{3.22}{1} = 3.22 \text{ t/cm}^2$

2. 0.2% Proof Stress: $\frac{0.2}{100} \times 4 \times 10 = 0.08 \text{ mm}$ $\Rightarrow \Delta = e \times L_0$





$$\therefore \text{Proof Stress} = \frac{2.75}{1} = 2.75 \text{ t/cm}^2$$

$$F_{all} = F_d \quad \text{من أجل } \Delta > 0.5 \text{ لا نستعمل}$$

$$F_d = \frac{2.75}{2} = 1.375 \text{ t/cm}^2$$

3- Modulus of Elasticity

$$E = \frac{0.5 \times 4}{1 \times 0.00125} = 1600 \text{ t/cm}^2$$

4. Resilience $\frac{1}{2} \times 2 \times 0.05 = 0.05 \text{ t} \cdot \text{mm}$

5. Material Type: Semi ductile Material

6.

$P = 2 \text{ ton}$ أولاً يتم تحديد الحمل بالنسبة لحمل التصميم

($P = 2.75 > P_{Pr}$) وبالتالي وجوده في منطقة اللدونة

$\Delta P = 0.08$ $\Delta e = 0.07$ من الرسم

$\checkmark L_F = L_0 + \Delta P = 4 + \frac{0.08}{10} = 4.008 \text{ cm}$

\therefore الحجم بعد التحميل = الحجم قبل التحميل

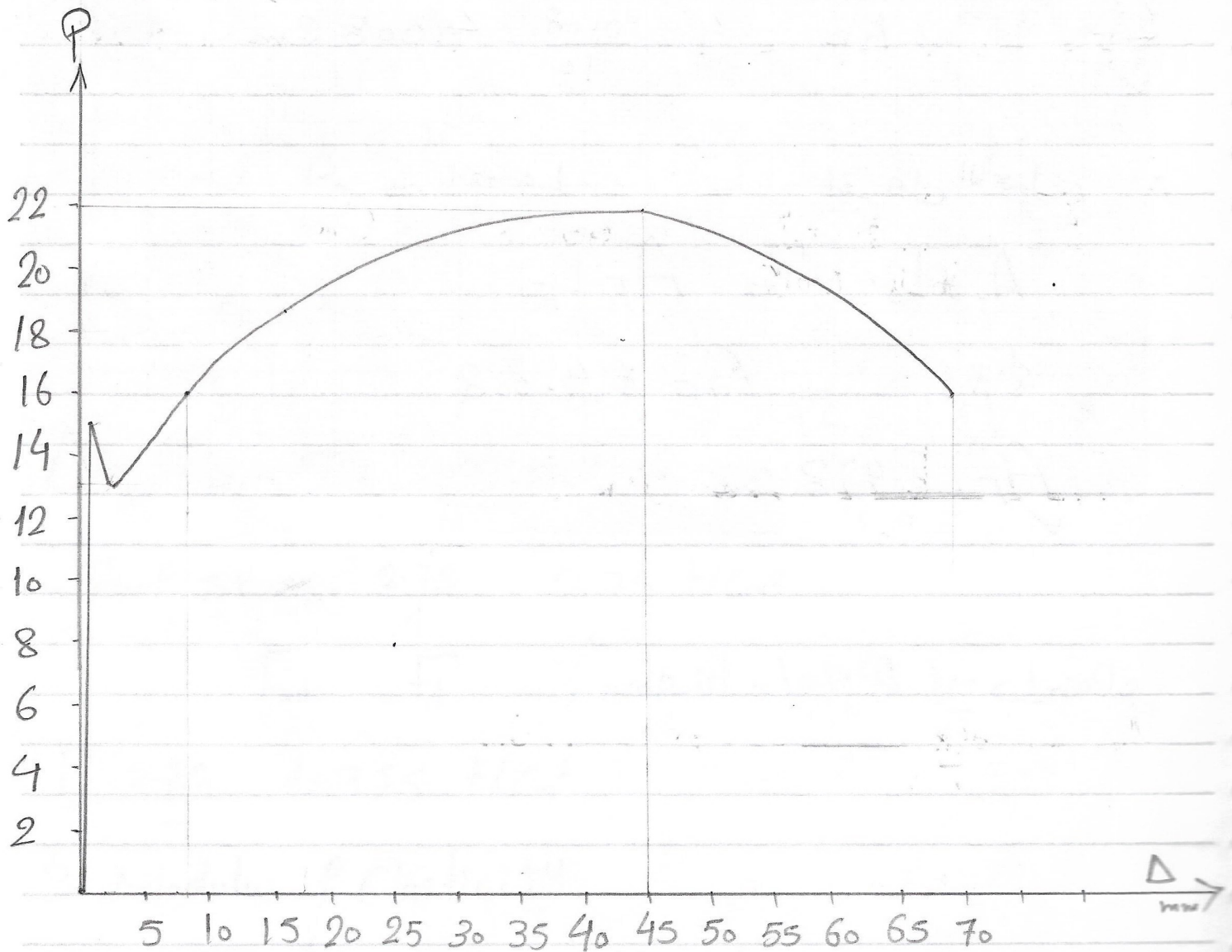
$$A_0 \times L_0 = A_F \times L_F$$

$$1 \times 4 = A_F \times 4.008$$

$\checkmark A_F = 0.998 \text{ cm}^2$

3. A tension test was performed on a steel specimen with hollow cross section (outer diameter = 3.0 cm & inside diameter = 1.50 cm) and gage length = 25 cm. The load P was applied and elongation (Δ) was recorded. The data of load P and elongation (Δ) are given.

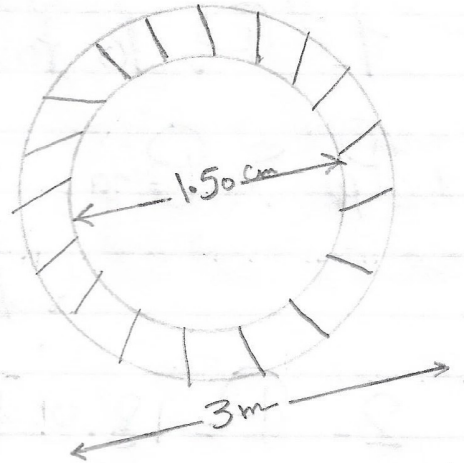
Load (ton)	0.0	6.0	10.0	14.0	15.0	13.2	16.0	18.8	21.2	22.0	20.0	16.0
Δ (mm)	0.0	0.15	0.25	0.35	0.40	2.20	8.0	17.0	32.0	45.0	60.0	68.0



1. Yield Stress F_y

$$F_y = \frac{13.2}{5.3} = 2.5 \text{ t/cm}^2$$

$$\text{Design stress} = \frac{2.5}{3} = 0.83 \text{ t/cm}^2$$



$$A = \frac{\pi}{4} (3^2 - 1.5^2) = 5.30 \text{ cm}^2$$

2. Modulus of Elasticity

$$E = \frac{6 \times 25}{5.30 \times 0.015} = 1886.8 \text{ t/cm}^2$$

3. Proportional Stress

$$F_{Pr} = \frac{15}{5.3} = 2.8 \text{ t/cm}^2$$

4. Ultimate Tensile stress

$$F_u = \frac{22}{5.3} = 4.15 \text{ t/cm}^2$$

5. Modulus of Resilience

$$M.O.R. = \frac{\frac{1}{2} \times 15 \times 0.04}{5.3 \times 25} = 0.0022 \text{ t/cm}^2$$

6. Elastic and Plastic elongation at Loads 10.0 and 18.8 t

1- $P = 10 \text{ ton}$

$$P_{Pr} > P = 10$$

تغير الشد ليس :.

$$\therefore \Delta e = 0.40 \text{ mm} \quad \Delta p = \text{Zero}$$

2- $P = 18.8 \text{ ton}$

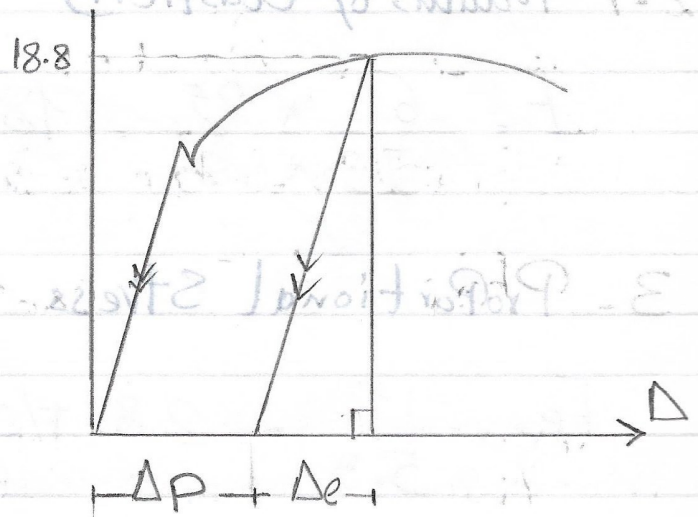
$$P_{Pr} < P = 18.8$$

تغير الشد ليس :.

$$\frac{6}{0.15} = \frac{18.8}{\Delta e}$$

$$\Delta e = 0.47 \text{ mm}$$

$$\Delta p = 17 - 0.47 = 16.53 \text{ mm}$$



7- Ductility

$$1- \% \text{ elongation} = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 = \frac{6.8}{25} \times 100 = 27.2\%$$

$$2. \text{ Reduction of Area } \frac{A_0 - A_F}{A_0} \times 100$$

$$\frac{6}{0.15} = \frac{16}{\Delta e}$$

$$\Delta e = 0.4$$

$$\Delta p = 68 - 0.4 = 67.6 \text{ mm}$$

$$L_F = L_0 + \Delta p$$

$$25 + 6.76 = 31.76 \text{ cm}$$

$$\text{قبل Vol} = \text{بعد Vol}$$

$$A_0 \times L_0 = A_F \times L_F$$

$$5.3 \times 25 = A_F \times 31.76$$

$$A_F = 4.17 \text{ cm}^2$$

$$\therefore \% \text{ Reduction of Area} = \frac{5.3 - 4.17}{5.3} \times 100 = 21.3\%$$

4- أجريت اختبار الشد على عينتين من الصلب (Type A) قطر كل منهما $D = 12 \text{ mm}$ فكانت النسبة المئوية للامتدادات 50 و 100 بـ 30% و 25% على التوالي.
 وأجريت اختبار مماثل لعينة من الصلب (Type B) لها نفس القطر وطول قياسها 120 فكانت النسبة المئوية للامتدادات 22% .
 احسب ثوابت انوية للصلب (Type A) ثم حدد أي النوعين من الصلب أكثر مصلوبية.

Answer:

$$D = 12 \text{ mm}$$

Material: A

$$\begin{array}{ll} L_1 = 50 & 30\% \\ L_2 = 100 & 25\% \end{array}$$

$$L_1 = 5 \times 12 = 60 \text{ mm}$$

$$L_2 = 10 \times 12 = 120 \text{ mm}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \% \text{ Elongation} = \frac{\Delta L}{L} \times 100 \\ \Delta L = \frac{\% \text{ Elongation} \times L}{100} \end{array} \right.$$

$$\Delta L_1 = \frac{30 \times 60}{100} = 18 \text{ mm}$$

$$\Delta L_2 = \frac{25 \times 120}{100} = 30 \text{ mm}$$

$$\Delta L = \alpha L_0 + \beta \sqrt{A_0}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$18 = 60\alpha + 10.63\beta \rightarrow \textcircled{1}$$

$$\sqrt{A} = 10.63 \text{ mm}^2$$

$$30 = 120\alpha + 10.63\beta \rightarrow \textcircled{2}$$

$$+12 = +60\alpha$$

$$\alpha = 0.2$$

$$\beta = 0.564$$

ثوابت انوية

Material: B

$$L_3 = 12D$$

$$L_3 = 12 \times 12 = 144 \text{ mm}$$

$$\Delta L_3 = \frac{22 \times 144}{100} = 31.68 \text{ mm} \rightarrow \textcircled{1}$$

لحساب الاستطالة لعينة من الصلب (A) طول قياسي يساوي طول قياسي
العينة المختبره من الصلب (B)

$$\Delta L_3 = 0.2 \times 144 + 10.63 \times 0.564 = 34.8 \text{ mm} \rightarrow \textcircled{2}$$

من قيم الاستطالة نجد ان الاستطالة الصلب A اكبر من الصلب B

Grades of steel Reinforcement

درجات الحديد المسلح

$$\text{Grade} = \frac{F_y}{F_u}$$

Ex:

5. A Commercial Tensile Test was Carried out on a steel Specimens of a 12 mm diameter and a 12 cm gage length. The Following data were Obtained
- Yield Load 4500 Kg
 - Ultimate Load 6400 Kg
 - Maximum elongation 20 mm = Δ_{max}

* Determine The grade of This Steel according to E.S.

Grade	Yield stress N/mm ²	Ultimate strength N/mm ²	% Elongation	Shape
240/350	240	350	20	(شريط) مستطيل
280/450	280	450	18	
360/520	360	520	12	(شريط) مربع (شريط) دائري
400/600	400	600	10	

Answer

$$D = 12 \text{ mm}$$

$$L = 12 \text{ cm}$$

$$\therefore A = \frac{\pi}{4} (1.2)^2 = 1.13 \text{ cm}^2$$

Yield stress = $\frac{4500}{1.13} = 3982 \text{ Kg/Cm}^2 \times \frac{10 \text{ N}}{10^2 \text{ mm}^2} = 398.2 \text{ N/mm}^2$

Ultimate Stress = $\frac{6400}{1.13} = 5663.7 \text{ Kg/Cm}^2 \times \frac{10}{10^2} = 566.37 \text{ N/mm}^2$

% Elongation = $\frac{2}{12} \times 100 = 16.6 \%$

* بالمقارنة بمرود المواصفات المصرية

Grade is 360

* الاختبارات الأساسية لقبول أو رفضه حسب التسليح

1- اختبار الشد التجارى Commerical Tensile Test

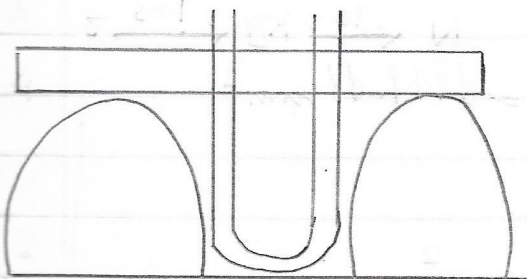
يتم تعيين خواص ميكانيكية الرئيسية للصلب (اجهاد الشفخ - مقاومة الشد - النسبة المئوية للاستطالة) ←

* اختبار شح الكتلة :

يتم فيه رسم العلاقة بين الحمل والاستطالة، واحتحتاج جميع خواص ميكانيكية للصلب (اجهاد شد الشحبه - معايير لمروره - اجهاد شفخ - مقاومة الشد - اجهاد الكسر - معايير الرجوعية - معايير متانة)

Cold bend test

2- اختبار الشد على البارد :



في هذا الاختبار يتم الحزم على مظهرية الصلب وهو اختبار قبول أو رفضه وفيه يتم تحميل العينة كما بالشكل حتى يتحول شكل العينة إلى شكل حرف U (يتم)

أكملها حتى يتواءم طرفيها فإذا ظهرت شقوق في العينة يتم رفضه العينة

Chemical analysis

التحليل الكيميائي

يتم عمل اختبار التحليل الكيميائي للتأكد من انه العناصر المكونة للصلب في حدود القيم المسموح بها. على سبيل المثال:
 جلب رتبة 36/52 وطلب 40/60 لانتزير نسبة الكربون عن 45% والانتزير نسبة الكبريت والفسفور عن 6%

Ex:6

A steel member of 300 cm length, The member is subjected to an axial Tensile Load of 20 ton. Determine the diameter of the bar and Corresponding elongation if the steel grade is 360/520 and modulus of Elasticity 2000 t/cm² and the allowable deformation is 0.2 cm (Assume the Suitable Factor of safety)

Answer

$$L = 300 \text{ cm} \quad P = 20 \text{ ton} \quad \text{Grade} = \frac{360}{520}$$

$$E = 2000 \text{ t/cm}^2 \quad \Delta L_{\text{all}} = 0.2 \text{ cm} \quad F.O.S = 2$$

$$\text{Req: } D = \dots ??$$

$$1. \text{ From Grade } \therefore F_y = 360 \text{ N/mm}^2 \quad F_u = 520 \text{ N/mm}^2$$

$$\therefore F_{\text{all}} = \frac{360}{2} = 180 \text{ N/mm}^2$$

$$\therefore F_{\text{all}} = \frac{P_{\text{all}}}{A_1} \quad A_1 = \frac{20 \times 10000}{180} = 1111.11 \text{ mm}^2$$

N $\xleftarrow{10}$ Kg $\xleftarrow{1000}$ t

$$\therefore A_1 = 1111.11 \text{ mm}^2$$

$$2 - \Delta_{all} = 0.2 \Rightarrow \epsilon = \frac{P \cdot L}{A \cdot \Delta_L} = A_2 = \frac{20 \times 300}{2000 \times 0.2} = 15 \text{ cm}^2$$

$$\therefore A_2 = 1500 \text{ mm}^2$$

المساحة المتبقية في الخيط هي 1500 مم²

$$\Rightarrow A = \frac{\pi}{4} D^2 \quad D = 43.7 \text{ mm}$$

Ex: 7

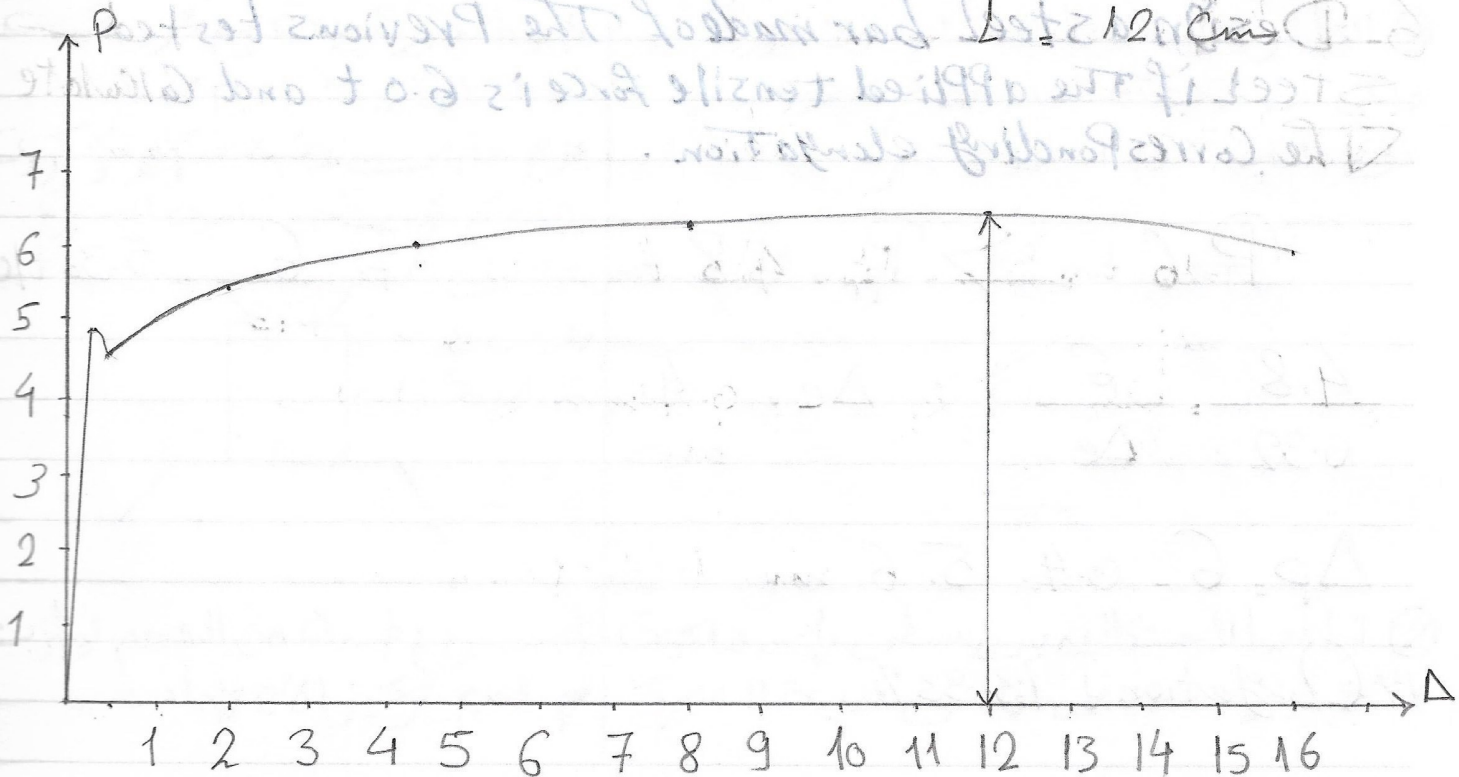
A tension test was Performed on a steel Specimen having a gauge Length of 12 Cm and Cross sectional diameter of 12mm The test result are recorded as Follows

Load (ton)	0	1.5	3	4.5	4.8	4.6	5.5	5.7	6.3	6.5	6
Elongation (mm)	0	0.08	0.16	0.24	0.32	0.45	2	4.4	8	12	16

* Draw the strain - stress Curve

$$A = 113 \text{ mm}^2 = 1.13 \text{ cm}^2$$

$$L = 12 \text{ cm}$$



determine The following:-

1- Modulus of elasticity = $\frac{1.5 \times 12}{1.13 \times 0.008} = 1991.15 \text{ t/cm}^2$

2- Tensile Strength = $\frac{6.5}{1.13} = 5.75 \text{ t/cm}^2$
 575 N/mm^2

3- Elongation Percentage = $\frac{1.6}{12} \times 100 = 13.33\%$

4- Grade of steel = $\frac{F_y}{F_u} = \frac{4.6}{1.13} = 4.1 \text{ t/cm}^2$

$\therefore \text{Grade} = \frac{410}{575} \Rightarrow 36/52 \quad 410 \text{ N/mm}^2$

5- if this is 36/52 grade steel with minimum elongation 12% according to The Egyptian specification, does this specimen satisfy the specification? Yes, satisfy

6- Design a steel bar made of The previous tested steel if the applied tensile force is 6.0 t and calculate the corresponding elongation.

$P = 6 \text{ ton} > P_{pr} = 4.8 \text{ ton} \quad \left. \vphantom{P = 6 \text{ ton}} \right\} F = \frac{6}{1.13} = 5.30 \text{ t/cm}^2$

$\frac{4.8}{0.32} = \frac{6}{\Delta e} \quad \Delta e = 0.4 \text{ mm}$

$\Delta p = 6 - 0.4 = 5.6 \text{ mm}$

Elongation = 13.33%

الباب الثالث سلوك المواد الهندسية تحت تأثير الضغط

الغرض من اختبار الضغط

إن اتجاه الحمل يؤثر لاختبار الضغط ما هو إلا حالة عكسية لا اتجاه الحمل في اختبار الشد ويستخدم الضغط عادة كإشارة لقبول مواد غير المعدنية مثل الخرسانة والحجارة والأخشاب. واختبار الضغط نادراً ما تنهه عليه المواصفات القياسية لقبول المواد المعدنية **نظراً** لأنه اختبار إشراف للمادة يعطي الخواص اللازمة والهامية عن تلك المواد وإذا استخدم اختبار الضغط للحكم على المواد فإنه يعين هذه المقاومة القوية للضغط فقط. الغرض الأساسي من إجراء اختبارات الضغط للمواد المعدنية والغير معدنية هو بيان خواص الميكانيكية لهذه المواد في الضغط، فمثلاً في المواد المطيلية تتمكن من تعيين بعض الخواص مثل إجهاد الخضوع والرجوعية والمرونة. أما بالنسبة للمواد القصفة فيتم تعيين مقاومتها للضغط القوي.

العوامل التي تجعل نتائج الضغط غير دقيقة

المشاكل	الحلول
① التأثير بحمل الضغط يجب أن يكون محورياً ولكن يصعب تحقيق التأثير المحوري على العينة أثناء الاختبار	ضبط محور العينة مع محور ماكينة الاختبار بحيث عدم حدوث عزوم خارجي ونستخدم مركز كروي ويجب أن يكون سطح العينة المختبرة متوازيين وعموديين على محور العينة
② تواجد الاحتكاك بين سطح رأسه ماكينة الاختبار وبينه على نهايتي العينة المختبرة	يجب وضع طبقات من الشحم أو الزيت لعدم تركيز الإجهادات

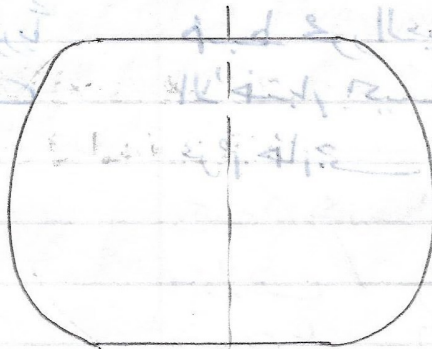
- ③ عدم الأتزان المذكر للعينات المختبرة في التحميل بالضغط إذا ما قرنت بالتحميل في أكثر لذلك أكبر أنه تكون العينات المختبرة استطوانية الشكل وذلك لضمان توزيع التحميل منتظماً على سطح قطاع قاعدة العينات
- ④ الكبر النسبي لمساحة مقطع العينات المختبرة في الضغط يحدث إتزاناً للعينات أثناء التحميل، ويتسبب ذلك في ضرورة تواجد ماكينات ذات زحمة عالية أو استخدام عينات صغيرة تؤثر على نتائج الاختبار الذي يسببه تواجد مزووم إغافية مع الحمل بالضغط
- ⑤ العينات النحيفة التي يكون ارتفاعها كبير نسبياً حدوث انبعاج أثناء الاختبار مما ينتج عنها عدم دقة نتائج الاختبار ولذلك طول العينات لا يزيد عن ١٥ مرات قطرها $L \neq 10 D$

دراسة سلوك المواد لمعدنية تحت تأثير الحمل بالضغط

سأما تتعرض عينات استطوانية الشكل لمواد معدنية إلى حمل ضغط فإنها تنضغط ويتسبب ذلك أنه تأخذ العينات الشكل البرميل (Barrel) فتتجهت للزيادة المصاحبة لنقص الارتفاع، وتواجد قوى احتكاك بين العينات ورأسه ما كينت الاختبار يسبب قلت الزيادة في أعرضه عند تقاطع نهايتي العينات المختبرة منها في مقطع منتصف العينات بشكل قدر يوجب تبعاً لمدي تأثير قوى الاحتكاك



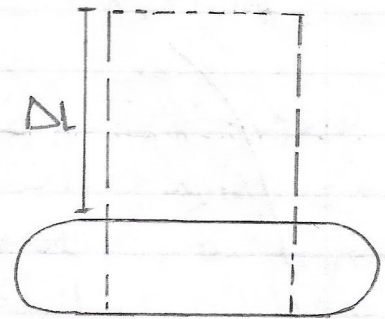
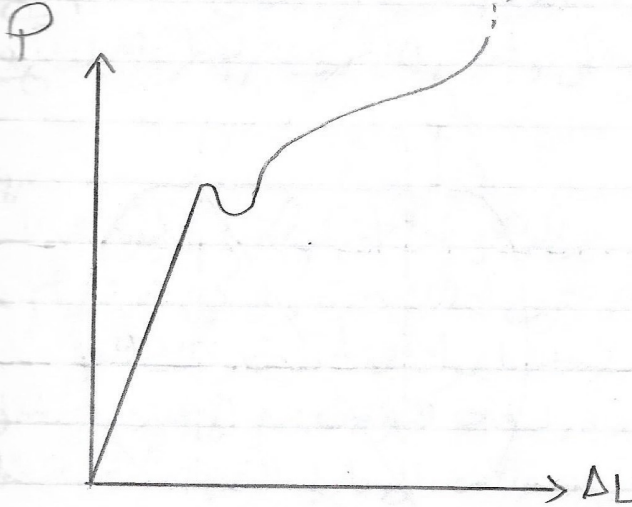
العينات قبل التحميل



العينات بعد التحميل في الضغط
تأخذ الشكل البرميل

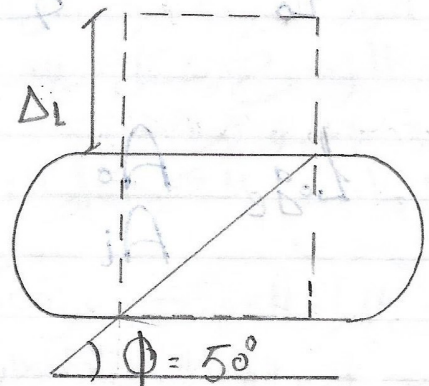
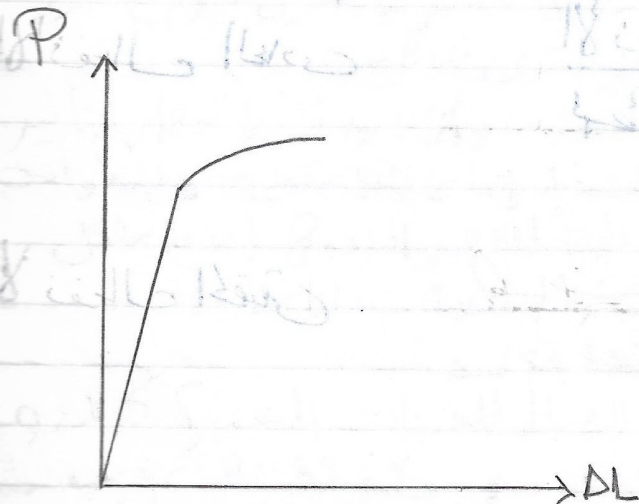
سلوك المواد المعدنية المطيعة Ductile Materials behavior

إذا اختبرت عينة من معدن مطيل مثل الصلب الطري Mild steel في الضغط حتى حد المرونة فإننا نلاحظ تواجد جزء مستقيم المنحنى الحمل والتشكيل حتى حد التناسب كذلك يوجد منطقة انحناء واستقرار التحميل فوق حد المرونة فإنه العينة يزيد انفعالها ثم تتفلسخ بدونه حدوث كسر للعينة مهما زاد التحميل



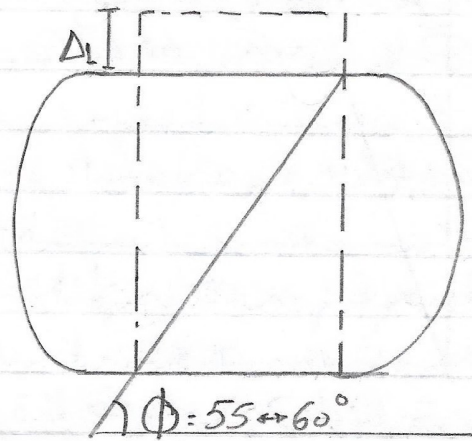
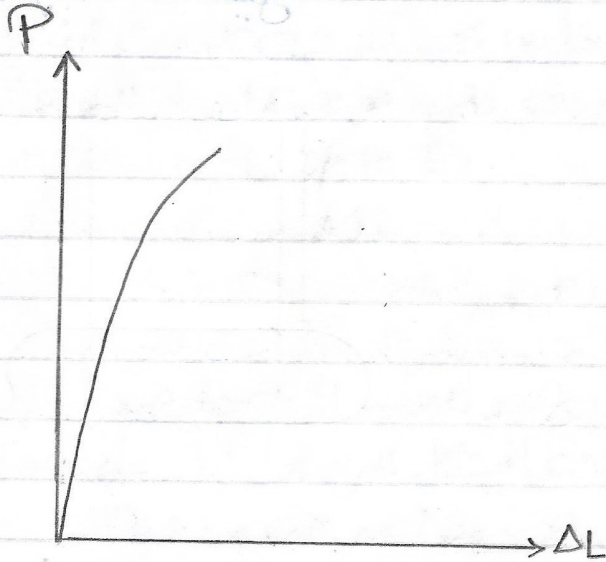
سلوك المواد المعدنية نصف المطيعة Semi Ductile Materials

و الحديد المشرب
إذا كانت العينة المختبرة من معدن نصف مطيل مثل النحاس الأصفر فإن العينة تنحرف مع زيادة التحميل ثم تنكسر على مستوى يعبر زاوية $\theta > 0$ حيث θ زاوية مع الأفق. ويمكن ملاحظة وجود جزء مستقيم المنحنى الحمل والانفعال حتى نقطة التناسب (وقد يلاحظ أيضاً إما تواجد أو عدم تواجد منطقة للحفر تبعاً لظروف المعالجة الوصلية التشكيلية أو المعالجة الحرارية. ثم بعد ذلك يأخذ المنحنى شكلاً "عن الكوس" للحمل الأثقل



سلوك المواد المعدنية القصفة Brittle Materials behavior

عندما تختبر عينات من معدن قسيف مثل الحديد الزهر Cast iron فيحدث لها انضغاط قليل جداً ثم تنكسر على مستوى إميل على الأفق بزاوية 55 - 60 درجات ويكون منحنى الحمل والتشكيل كما بالشكل ويلاحظ عدم وجود منطقة الكفوع وقواجم مقاومة قهوى للضغط.



الاجهاد والانفعال في الضغط

$$F = \frac{P}{A_0} \quad \text{الحمل عند أي نقطة}$$

الاجهاد العادي

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad \text{الانفعال الحادث عند أي نقطة}$$

الانفعال العادي

$$\epsilon_c = \log_e \frac{A_0}{A_i} \quad \text{الاجهاد الحقيقي}$$

الانفعال الحقيقي

* الخواص الميكانيكية في الضغط

١- المواد المرطبات : في اختبار المواد المرطبات في الضغط نجد أنه الانفعال يحدث تناسباً مع الأبعاد كما في اختبار الشد ويلاحظ أيضاً أنه قيمته عند تناسبه وإجهاد الخضوع في الضغط وليس متطابقين في المعاداة المرطبات . وكلما زاد الحمل على العينات يلاحظ زيادة مساحات التصلب ولا يحدث انهيار للمواد المرطبات كما يمكن تحديد معايير المرونة وإجهاد حد التناسب وإجهاد الخضوع . ويفضل أن تكون العينات المختبرة عينات أسطوانية الشكل ونسبة المحددة بين القطر والارتفاع طبقاً للمواصفات

٢- المواد القصفة : نلاحظ أنه من المألوف عند إجراء اختبار الشد هشاشة المادة لذلك نجده مقاومة للضغط ذات أهمية كبرى في التصميم . ويمكن استنتاج مقاييس التشكل بدرجة عالية لقياسه الانفعال للمواد القصفة وذلك للقيم الصغيرة من الأحمال للتأكد من قيمة نتائج أو من دقة العلاقة بين الإجهاد والانفعال ويلاحظ أنه لا يوجد أي تناسب بين الإجهاد والانفعال للمواد القصفة في الضغط

← العلاقة بين الإجهاد والانفعال والتي من خلالها نستطيع إيجاد معايير المرونة

$$n: \text{نابج} \quad E = \frac{F^n}{\epsilon}$$

* تصلح هذه العلاقة للمواد القصفة المعدنية مثل الحديد الزهر والغير معدنية مثل الخرسانة والأحجار

٣- يحدث الانهيار للمعاداة القصفة في الضغط للكسر على مستوى مائل مع محور الإجهاد والانفعال بسبب قوى القص على المستوى المائل

٤- أما المواد الغير معدنية مثل الأحجار والمواد الأسمنتية والخرسانة فإنها تتغير بتأثير القصف المزود وج وشكل عينات الاختبار في الضغط إما على شكل مكعب أو أسطوانة قياسيه حسب المواصفات . وإحدى الكسر طبقاً للقصف المزود إما على شكل حزم للعينات المكعبة أو المنصورية على شكل مخروط للعينات الأسطوانية

← يمكن للمواد القصفة معرفة خواص مقاومة الضغط للعينات المختبرة كذلك ونسبة بين الإجهاد والانفعال ومعايير المرونة . مهم جداً في تطبيقات الخرسانة المسلحة

اختبار الضغط

العينات المختبرة في الضغط

عينات الاختبار ذات الشكل الأسطوانى يفضل استخدامها في اختبار الضغط على الأشكال الأخرى لأنها تعطي إجهادات منتظمة بالنسبة لمحيط سطح الدائري لقاعدتي العينة الأسطوانية واهتماماً تستخدم عينات مكعبة أو منشورية لاختبارها في الضغط مثل قوائم الطوب أو أنواع البلاط المختلفة. ← راب النسبة بين الطول والقطر للعينات له أهمية كبرى في اختبار الضغط فقد وجد أنه كلما زاد طول العينة بالنسبة لقطرها كلما كان هناك احتمال لوجود إحناء زياره عند عدم انتظام توزيع الإجهادات على الأسطح القصودية. وقد اقترح الانزله نسبة الطول إلى القطر $L \geq 10D$ 10 وكما كانت العينات المستخدمة قديمة طرية تأثير الإحناء عند النهايت يصبح ذو أهمية ملحوظة للأطول أقل من 1.5 مرة من قطر العينة. وإذا كان المطلوب منه الاختبار معرفة وتعيين الانفعال فإنه يفضل أنه تكون هذه العينات طويلة لكي تتمكن من تطبيق مقاييس الانفعال. ويمكن اختيار العينات القصيرة للمواد المتجانسة لأنه أهم شرط مطلوب هو تحسب المقاومة القوي للضغط فقط. أما المواد الغير متجانسة مثل الخرسانه فإنه ابعاد العينة تتوقف على المتكاسم الاختيارى الأكبر للركا فيجب أن تكون اسطح العينة المعرهنه للتحميل أفقيته ومتعامدة على محور العينة.

عينات الاختبار القياسية للمواد المعدنية Metallic Materials

العينات	الطول	العرض
عينات طويلة	الطول : 8 : 10 القطر	رسم منعنى الحبل والامتطالة أو منحنى الإجهاد والانفعال وتعيين حد الشد منه ومنطقة الخضوع
عينات متوسطة	الطول : 3 قطر	تعيين مقاومة الضغط للمعادن
عينات قصيرة	الطول : 9 : 10 القطر	تستخدم للاختبارات معادله المتركزات (ركائز الكبارى وركائز الماكينات)

Non metallic

عينات الاختبار القياسية للمواد غير المعدنية

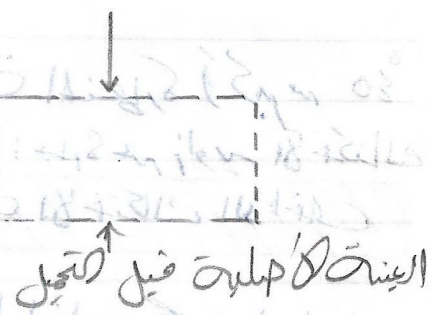
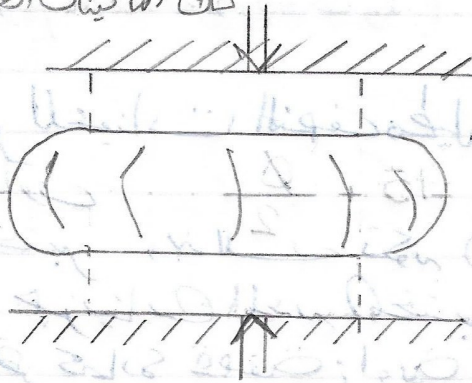
أهم هذه المواد هي الخرسانة والعينات القياسية للخرسانة تكون أسطوانة طولها مضطربة قطرها وللركام الذي لا يتجاوز ٥٠ مم تكون الأسطوانة القياسية ١٥ × ٣٠ سم وعصياً قطرها ١٥ سم ويجب أن لا يقل سمه ثلاثاً أمثال مقاسه الركام المستخدم، وتنقسم المواصفات القياسية لصيربة والآنجليزيت على اسنندام مكعبات ١٥ × ١٥ × ١٥ سم، أما المواصفات الأمريكية فتقسم على اسنندام عينات اسطوانية الشكل قطرها ١٥ سم وارتفاعها ٣٠ سم وذلك حتى مقاسه اختياري أكبر للركام ثمه حتى ٥٠ سم

التجهيز عينات الاختبار تحت تأثير الأحمال المضغوطة.

التجهيز في المعاداة المضطربة

المعاداة المضطربة تحت تأثير الضغط لا يحدث لها انفعال بالكسر لأنها تتفطلح بالضغط. ولكن يحدث لها انفعال بالتشققه حيث تظهر شروخ رئيسية متوازية مع محور التحميل للعينة. وتعتبر ظهور التشققات وقيمت الحمل المؤثر هودليل على قبول أدرفسه العينات

فك الماكينة العلوية



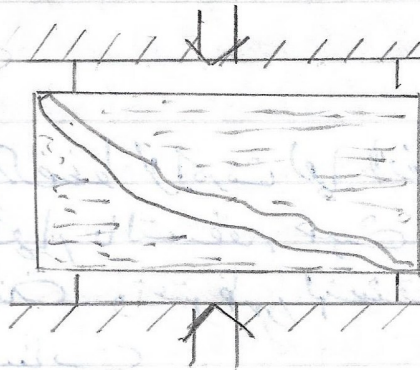
فك الماكينة السفلية

شكل التجهيز للمعاداة المضطربة

الأنهيار في المعادن النصف مبطلة والقصف

بالنسبة للمعادن النصف مبطلة يحدث انهيارها لهذا المعادن تحت تأثير الحمل ضغط حسب قيمته المولدة ومرونة المعادن. ثم يحدث الانهيار على مستويات مائلة بزاوية ميل مع الأفق 0° وتتوقف قيمتها على قيم زوايا الاحتكاك الداخلي بين جزيئات المعدن. وقد تظهر بعض التشققات الطولية قبل الانهيار كما هو الحال في المواد المطبلة.

أما بالنسبة للمعادن القصفة فيحدث انهيارها بسبب الحمل ثم يحدث على مستوى ميل بزاوية (θ) مع المستوى الأفقي وتتراوح هذه الزاوية (55-60) درجة وتظهر في المواد النصف مبطلة كجزيئات المعدن ولا تظهر أي تشققات قبل الكسر.



شكل الانهيار للمعادن القصفة والنصف مبطلة

وزاوية ميل الكسر للعينات النصف مبطلة أو القصفة المنحارة أكبر من 45° وهذه الزاوية تساوي $\theta = 45 + \frac{\phi}{2}$ حيث ϕ زاوية الاحتكاك الداخلي للمعدن المختبر. وبذلك تكون ϕ زاوية الاحتكاك الداخلي كبيرة مع كبر جزيئات المعدن المختبر.

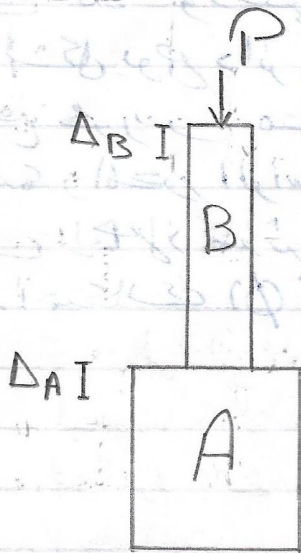
فمثلاً الحديد الزهر كمواد قصفة زاوية احتكاكته الداخلية كبيرة إذا ما قورنت بزاوية الاحتكاك للفخس الحديد الزهر 60° بينما الفخس 0° .

القطاعات "Composite section" المركبة

المواد المعدنية لا تتحمل أحمال ضغط عالية بسبب الانبعاج لذلك يتم اللجوء للمادة المركبة.

← عبارة عن مادتين يوصلان على مادة واحدة وتأخذ شكله بشكلين

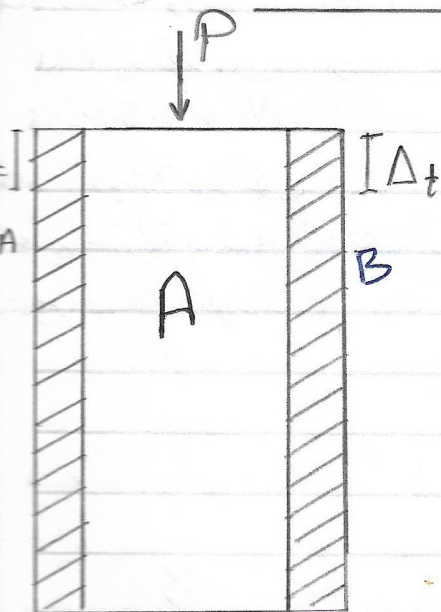
(١) النوع الأول : مادتين فوق بعضهما



$$P_A = P_B = P \rightarrow ①$$

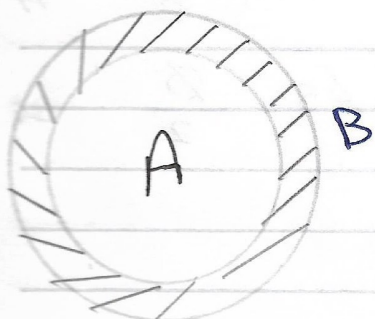
$$\Delta_A + \Delta_B = \Delta_{tot} \rightarrow ②$$

(٢) النوع الثاني : مادتين داخل بعضهما



$$P_A + P_B = P_{tot} \rightarrow ①$$

$$\Delta_A = \Delta_B = \Delta_{tot} \rightarrow ②$$



ExampLes

1. A rod made of Aluminum with shown loads

Given: $E_{AL} = 2000 \text{ t/cm}^2$

Find: Stress in the Aluminum rod
Deformation at Point K, L and M

Sol:.

Stress in rod:

Zone ①: $P = 16 \text{ ton}$

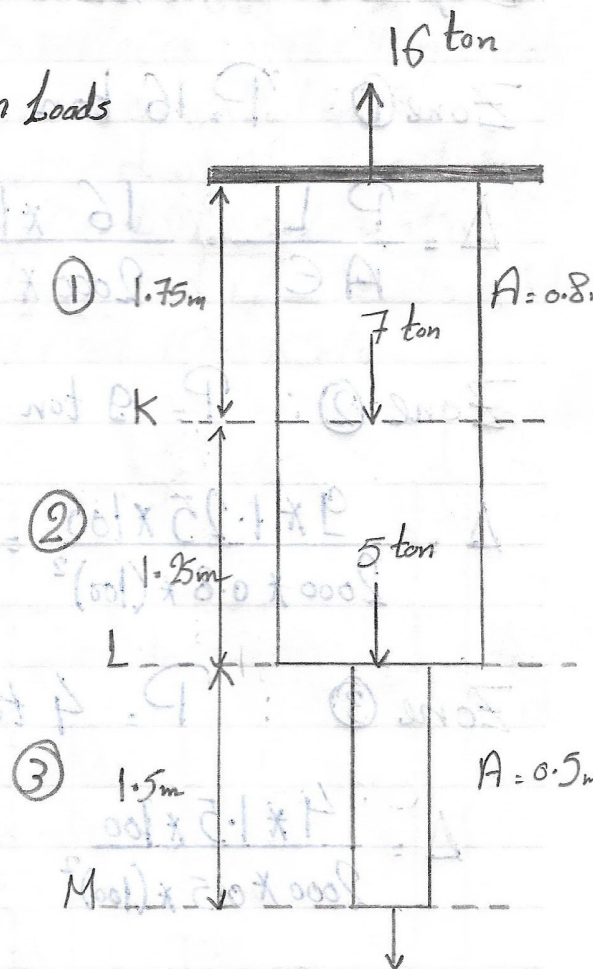
$$F = \frac{16}{0.8} = 20 \text{ t/m}^2$$

Zone ②: $P = 9 \text{ ton}$ ($16 - 7 = 9$)

$$F = \frac{9}{0.8} = 11.25 \text{ t/m}^2$$

Zone ③: $P = 4 \text{ ton}$ ($16 - 7 - 5 = 4$)

$$F = \frac{4}{0.5} = 8 \text{ t/m}^2$$



Deformation in rod:

Zone ①: $P = 16 \text{ ton}$

$$\Delta = \frac{P L}{A E} = \frac{16 \times 1.75 \times 100}{2000 \times 0.8 \times (100)^2} = 1.75 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

Zone ②: $P = 9 \text{ ton}$

$$\Delta = \frac{9 \times 1.25 \times 100}{2000 \times 0.8 \times (100)^2} = 7.03 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

Zone ③: $P = 4 \text{ ton}$

$$\Delta = \frac{4 \times 1.5 \times 100}{2000 \times 0.5 \times (100)^2} = 6 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

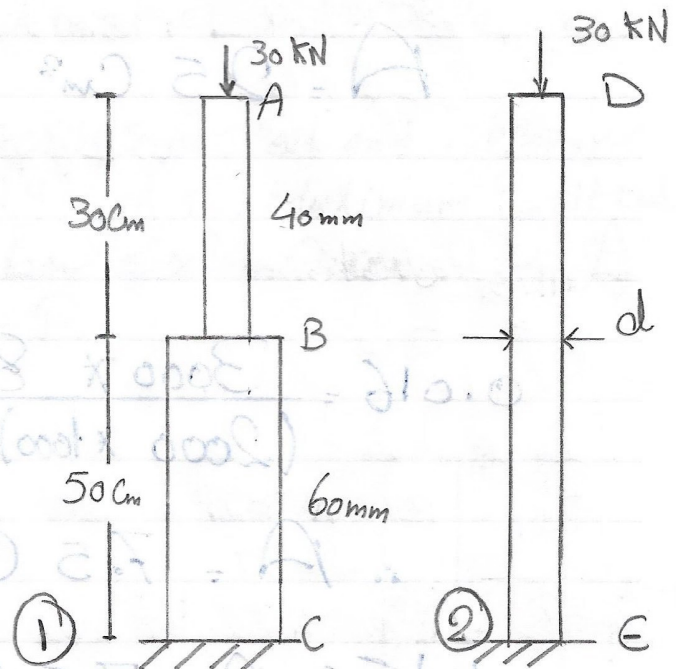
$$\therefore \text{ at Point K} \Rightarrow \Delta_K = 1.75 \times 10^{-4}$$

$$\text{ at " L} \Rightarrow \Delta_L = 2.45 \times 10^{-4} (1.75 \times 10^{-4} + 7.03 \times 10^{-5})$$

$$\text{ at " M} \Rightarrow \Delta_M = 3.053 \times 10^{-4} (1.75 \times 10^{-4} + 7.03 \times 10^{-5} + 6 \times 10^{-5})$$

2. The aluminum rod ABC ($E = 800 \text{ t/cm}^2$). Which consists of two cylindrical portion AB, and BC, is to be replaced with cylindrical steel rod DE ($E = 2000 \text{ t/cm}^2$) of the same overall length. Determine the minimum required diameter d of the steel rod if its vertical deformation is not to exceed the deformation of the aluminum rod under the same load and if the allowable stress in the steel rod is not to exceed 1200 kg/cm^2 .

$$\text{KN} \xrightarrow{\div 10} \text{ton} \xrightarrow{\times 1000} \text{kg}$$



Rod ①

$$\Delta_{\text{tot}} = \Delta_{AB} + \Delta_{BC}$$

$$\Delta_{AB} = \frac{(30 \times \frac{1000}{10}) \times 30}{12.57 \times (800 \times 1000)} = 8.95 \times 10^{-3} \text{ cm} \quad \text{Area} = \frac{\pi}{4} (4)^2 = 12.57 \text{ cm}^2$$

$$\Delta_{BC} = \frac{(30 \times \frac{1000}{10}) \times 50}{28.27 \times (800 \times 1000)} = 6.63 \times 10^{-3} \text{ cm} \quad \text{Area} = \frac{\pi}{4} (6)^2 = 28.27 \text{ cm}^2$$

$$\Delta_{\text{tot}} = 0.016 \text{ cm}$$

Rod ②: $f_{all} = 1200 \text{ kg/cm}^2$

$\Delta_{all} = 0.016 \text{ cm}$

عاجل Rod ②
النسبة المئوية

f_{all}

$$f = \frac{P}{A} \quad 1200 = \frac{3000}{A} \quad 30 \times \frac{1000}{10}$$

$A = 2.5 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{①}$

$\Delta_{all} = 0.016$

$$0.016 = \frac{3000 \times 80}{(2000 \times 1000) \times A}$$

$\therefore A = 7.5 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{②}$

$\therefore \text{Use } A = 7.5 \text{ cm}^2$

$\therefore A = \frac{\pi D^2}{4}$

$\pi D^2 = 4A$

$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 7.5}{\pi}} = 3.1 \text{ cm} \quad (31 \text{ mm})$

3. ① The rod ABC consists of two cylindrical portions. The upper portion AB is made of steel and has a length of 200 mm and a 25-mm diameter, while the lower portion BC is made of Copper and has a length of 300 mm and a 40-mm diameter. A compression force P with a magnitude of 20 tons is applied to the column. Providing that the modulus of elasticity for steel and Copper are 2000 and 1200 t/cm², respectively, determine the stresses developed in steel and Copper and deformation of the member.
- ② if the maximum allowable stresses in steel and Copper are 1800 and 1500 kg/cm², respectively, and the maximum permitted total deformation of the member is 2 mm determine the maximum allowed value for P .

Solution:-

Given $P = 20 \text{ ton}$

steel

Copper

$$E_{st} = 2000 \text{ t/cm}^2$$

$$E_{co} = 1200 \text{ t/cm}^2$$

$$A_{st} = 4.91 \text{ cm}^2$$

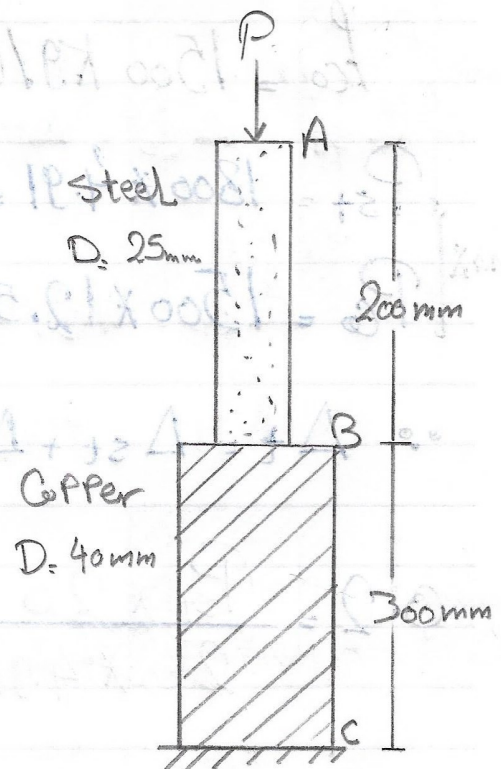
$$A_{co} = 12.57 \text{ cm}^2$$

Ref: $F \propto \Delta$

$$\textcircled{1} P_{st} = P_{co} = 20 \text{ ton}$$

$$f_{st} = \frac{20}{4.91} = 4.07 \text{ t/cm}^2$$

$$f_{co} = \frac{20}{12.57} = 1.59 \text{ t/cm}^2$$

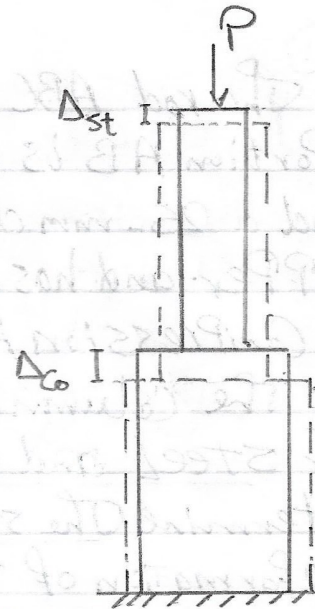


$$\Delta_{tot} = \Delta_{st} + \Delta_c$$

$$\Delta_{st} = \frac{20 \times 20}{4.91 \times 2000} = 0.041 \text{ cm}$$

$$\Delta_c = \frac{20 \times 30}{12.57 \times 1200} = 0.039 \text{ cm}$$

$$\therefore \Delta_{tot} = 0.041 + 0.039 = 0.08 \text{ cm}$$



② $f_{st} = 1800 \text{ kg/cm}^2$ $\Delta_{max_{all}} = 2 \text{ mm} = 0.2 \text{ cm}$
 $f_c = 1500 \text{ kg/cm}^2$ $P = ???$

max $\left\{ \begin{array}{l} P_{st} = 1800 \times 4.91 = 8838 \text{ kg} = 8.8 \text{ ton} \quad (1) \\ P_c = 1500 \times 12.57 = 18855 \text{ kg} = 18.8 \text{ ton} \quad (2) \end{array} \right.$

$$\therefore \Delta_t = \Delta_{st} + \Delta_c = \Delta_{max_{all}} = 0.2$$

$$0.2 = \frac{P_{st} \times 20}{2000 \times 4.91} + \frac{P_c \times 30}{1200 \times 12.57}$$

$$0.2 = 2.036 \times 10^{-3} P_{st} + 1.99 \times 10^{-3} P_c \quad P_c = P_{st}$$

$$P_{st} = P_c = 49.6 \text{ ton} \quad (3)$$

$$P = 8.8 \text{ ton}$$

$$P = 49.6 \text{ ton}$$

اول 2 تانوسه

" " " " 49.6 تانوسه

4. A steel bar of Length 600mm and Cross section dimension 40×40 mm has been Placed to fit exactly inside a hollow COPPER bar of the Same Length. if outer dimensions 80×80 mm and inner dimensions 20×20 mm as shown. The Modulus For Steel and COPPER are 2200 and 1400 t/cm^2 , respectively
- Find The Stresses and deformation of The Steel-COPPER assembly when it is Subjected to a 40 tons Compression Force exerted on two rigid and Plates

Answer:

Given: $P = 40 \text{ ton}$

Steel

COPPER

$$E_{st} = 2200 \text{ t/cm}^2$$

$$E_{Co} = 1400 \text{ t/cm}^2$$

$$L_{st} = 60 \text{ cm}$$

$$L_{Co} = 60 \text{ cm}$$

$$A_{st} = 4 \times 4 = 16 \text{ cm}^2$$

$$A_{Co} = (8 \times 8) - (4 \times 4) = 48 \text{ cm}^2$$

$$\text{Req: } F_{st} \text{ \& } F_{Co} \text{ \& } \Delta_t$$

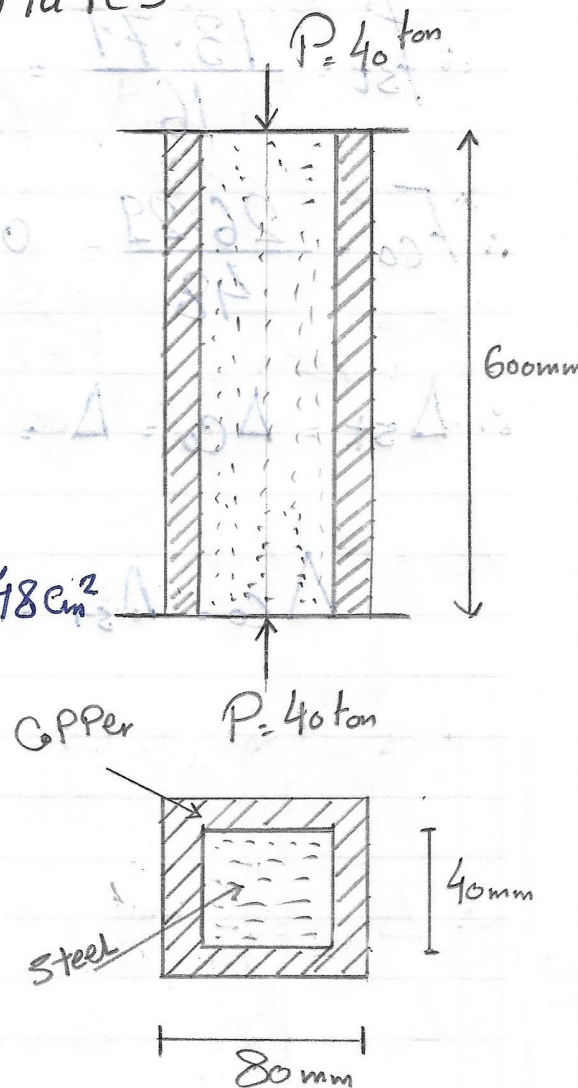
$$\therefore L_{st} = L_{Co} = 60 \text{ cm}$$

$$\therefore \Delta_{st} = \Delta_{Co} = \Delta_t$$

$$\frac{P_{st} \times L_{st}}{16 \times 2200} = \frac{P_{Co} \times L_{Co}}{48 \times 1400}$$

$$2.84 \times 10^{-5} P_{st} = 1.48 \times 10^{-5} P_{Co}$$

$$P_{st} = 0.521 P_{Co}$$



$$\therefore P_{st} + P_{co} = P = 40 \text{ ton} \rightarrow \textcircled{2}$$

$$0.521 P_{co} + P_{co} = 40$$

$$1.521 P_{co} = 40 \quad P_{co} = 26.29 \text{ ton}$$

$$P_{st} = 13.71 \text{ ton}$$

$$\therefore f_{st} = \frac{13.71}{16} = 0.85 \text{ t/cm}^2$$

$$\therefore f_{co} = \frac{26.29}{48} = 0.55 \text{ t/cm}^2$$

$$\therefore \Delta_{st} = \Delta_{co} = \Delta = \frac{P_{st} \times L_{st}}{A_{st} \times E_{st}} = \frac{13.71 \times 60}{2200 \times 16}$$

$$\Delta_{co} = \Delta_{st} = \Delta = 0.023 \text{ cm}$$

5. For The Composite rod mentiod above, determine The maximum allowed value for the tensile force T knowing that the maximum allowable stresses in steel and Copper are 1800, and 1500 kg/cm^2 , respectively, and The Maximum Permitted Total deformation of The member is 2mm

Answer

Steel

$$F_{st} = 1800 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

$$A_{st} = 16 \text{ cm}^2$$

$$E_{st} = 2200 \text{ t}/\text{cm}^2$$

Copper

$$F_{co} = 1500 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

$$A_{co} = 48 \text{ cm}^2$$

$$E_{co} = 1400 \text{ t}/\text{cm}^2$$

$$\Delta_{all} = 2 \text{ mm}$$

Req: Tensile Force (T)

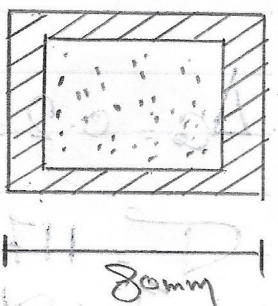
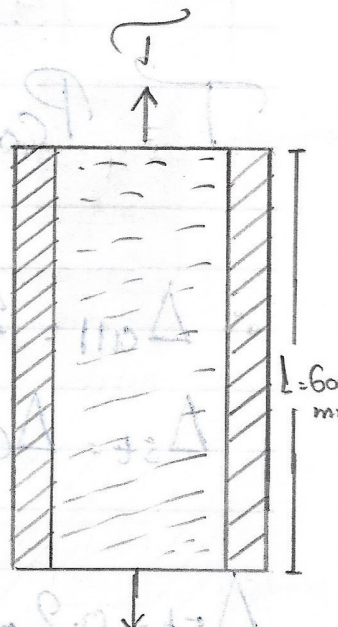
$$\Delta_{st} = \Delta_{co}$$

$$\frac{P_{st} \times L_{st}}{A_{st} \times E_{st}} = \frac{P_{co} \times L_{co}}{A_{co} \times E_{co}}$$

$$\frac{F_{st}}{2200} = \frac{F_{co}}{1400}$$

$$14 F_{st} = 22 F_{co}$$

$$F_{st} = 1.57 F_{co} \rightarrow \textcircled{1}$$



ass ①

$$F_{co} = F_{co_{all}} = 1500 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_{st} = 1.57 \times 1500 = 2355 \text{ Kg/cm}^2 > F_{st_{fail}} = 1800 \text{ Kg/cm}^2$$

ass ②

Not ok

$$F_{st} = F_{st_{all}} = 1800 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_{co} = \frac{1800}{1.57} = 1147 \text{ Kg/cm}^2 < F_{co_{fail}} = 1500 \text{ Kg/cm}^2$$

OK

$$F_{st} = 1800 = \frac{P_{st}}{16} \quad P_{st} = 28800 \text{ Kg}$$

$$F_{co} = 1147 = \frac{P_{co}}{48} \quad P_{co} = 55056 \text{ Kg}$$

$$T = \frac{P_{co} + P_{st}}{1000} = \frac{28800 + 55056}{1000} = 83.9 \text{ ton}$$

$$\therefore \Delta_{all} = 2 \text{ mm} = 0.2 \text{ cm}$$

$$\Delta_{st} = \Delta_{co} = \Delta_{all} = 0.2 \text{ cm}$$

$$\Delta_{st} = 0.2 = \frac{P_{st} \times 60}{16 \times 2200} \quad P_{st} = 117.3 \text{ ton}$$

$$\therefore \Delta_{co} = 0.2 = \frac{P_{co} \times 60}{48 \times 1400} \quad P_{co} = 224 \text{ ton}$$

$$T = 117.3 + 224 = 341.3 \text{ ton}$$

القوى (الضغط) (القوى) التي تحققها الأعمدة والعتبات

6. A steel bar of length 3m and Cross section dimensions 40×40 mm has been Placed to fit exactly inside a hollow Copper bar of The same length, of outer dimensions 80×80 mm and inner dimensions 40×40 mm as shown. The modulus of Elasticity for steel and Copper are 2200 and 1400 t/cm^2 , respectively. Another aluminum bar has been Placed behind these bar, has diameter 60 mm and Length 1.5 m and modulus of elasticity 900 t/cm^2 .
 → Find The Stress and deformation of The steel, Copper and aluminum when it is subjected to Show loads.

Answer:

Aluminum: $\therefore P = 4 \text{ ton}$ $A = \frac{\pi}{4} 6^2 = 2827 \text{ mm}^2$

$$f = \frac{4 \times 1000}{2827} = 1.41 \text{ kg/mm}^2$$

$$\Delta = \frac{(4 \times 1000) \times 1500}{2827 \times 9000} = 0.23 \text{ mm} = 0.023 \text{ cm}$$

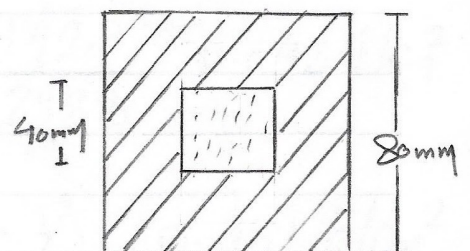
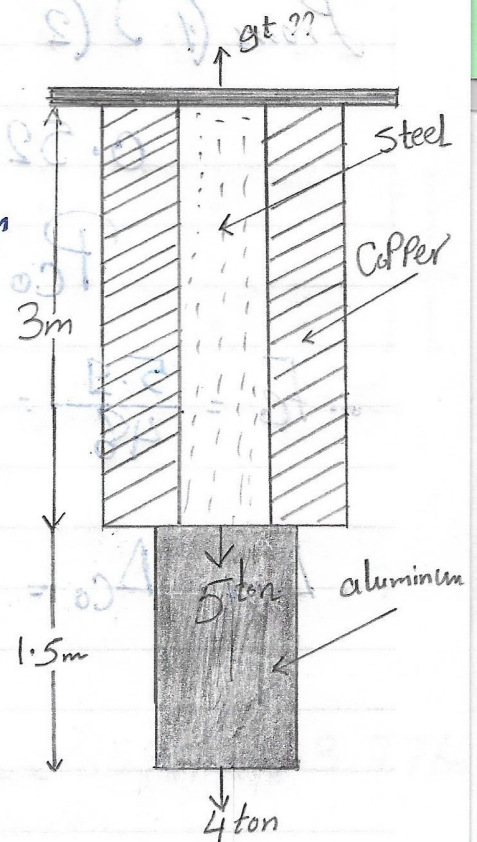
$\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \times \frac{\text{mm}}{\text{kg/mm}^2} = \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \times \frac{1000}{10^2} = \frac{\text{t}}{\text{cm}^2}$

Steel & Copper:

$$\therefore P_{st} + P_c = 9 \text{ ton} \rightarrow \textcircled{1}$$

$$\therefore \Delta_{st} = \Delta_c$$

$$\frac{P_{st} \times L_{st}}{E_{st} \times A_{st}} = \frac{P_c \times L_c}{E_c \times A_c}$$



$$A_{st} = 40 \times 40 = 1600 \text{ mm}^2 = 16 \text{ cm}^2 \quad A_{co} = (80 \times 80 - 40 \times 40) = 4800 \text{ mm}^2 = 48 \text{ cm}^2$$

$$\therefore \frac{P_{st}}{16 \times 2200} = \frac{P_{co}}{48 \times 1400}$$

$$2.84 \times 10^{-5} P_{st} = 1.49 \times 10^{-5} P_{co}$$

$$P_{st} = 0.524 P_{co} \rightarrow (2)$$

From (1) & (2)

$$0.524 P_{co} + P_{co} = 9$$

$$P_{co} = 5.9 \text{ ton}$$

$$P_{st} = 3.1 \text{ ton}$$

$$\therefore f_c = \frac{5.9}{48} = 0.123 \text{ t/cm}^2$$

$$f_{st} = \frac{3.1}{16} = 0.194 \text{ t/cm}^2$$

$$\Delta_{st} = \Delta_{co} = \frac{3.1 \times 300}{2200 \times 16} = 0.026 \text{ cm}$$

$$\textcircled{1} \leftarrow \text{not } P = P_{st} + P_{co}$$

$$\Delta_{st} = \Delta_{co}$$

$$\frac{P_{st}}{A_{st} \times E_{st}} = \frac{P_{co}}{A_{co} \times E_{co}}$$

7. A short Concrete Column of Cross section dimensions 30×100 cm reinforced by 8 steel bar with 16 mm diameter.

→ Find the stresses and deformation of the short Con. column when it is subjected to a 150 tons Compression.

The Modulus of Elasticity for steel and concrete are 2000 and $200 \frac{t}{cm^2}$ respectively.

Answer:

Steel

$$A_{st} = 8 \left(\frac{\pi}{4} (1.6)^2 \right) = 16 \text{ cm}^2$$

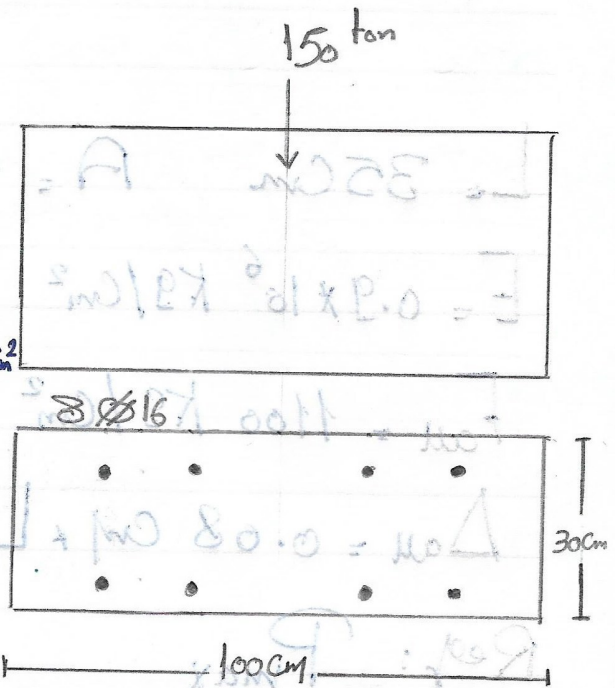
$$E_{st} = 2000 \text{ t/cm}^2$$

Conc.

$$A_{conc} = 30 \times 100 = 3000 \text{ cm}^2$$

$$A_{conc \text{ act}} = 3000 - 16 = 2984 \text{ cm}^2$$

$$E_{conc} = 200 \text{ t/cm}^2$$



Req. F_{st} & F_{conc} and Δ_t

$$P_{st} + P_{conc} = 150 \text{ ton} \rightarrow (1)$$

$$\Delta_{st} = \Delta_{conc}$$

$$\frac{P_{st} \times L_{st}}{16 \times 2000} = \frac{P_{conc} \times L_{conc}}{2984 \times 200}$$

$$3.125 \times 10^{-5} P_{st} = 1.68 \times 10^{-6} P_{conc} \Rightarrow F_{conc} = \frac{142.3}{2984} = 0.048 \text{ t/cm}^2$$

$$P_{st} = 0.054 P_{conc} \rightarrow (2)$$

$$0.054 P_{conc} + P_{conc} = 150$$

$$P_{conc} = 142.3 \text{ ton}$$

$$F_{st} = \frac{7.7}{16} = 0.481 \text{ t/cm}^2$$

$$\Delta_t = \frac{142.3 \times 30}{2984 \times 200} = 7.15 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

8. كتلة من البرونز ارتفاعها ٣٥ سم ومساحتها مقطعية ٤٥ × ٤٥ سم ومخارير المسروبة لها يساوي ٩.٠ × ١٠^٦ كجم / سم^٣ تستخدم لتحمل حمل ضغط. فإذا كان أقصى إجهاد ضغط عودي مسموح به = ١١٠٠ كجم / سم^٢ وأقصى انضغاط مسموح به = ٠.٨. من ارتفاع الكتلة إلى ٤ ملليمتر ← أوجد أقصى حمل يمكن أن يؤثر به على هذه الكتلة

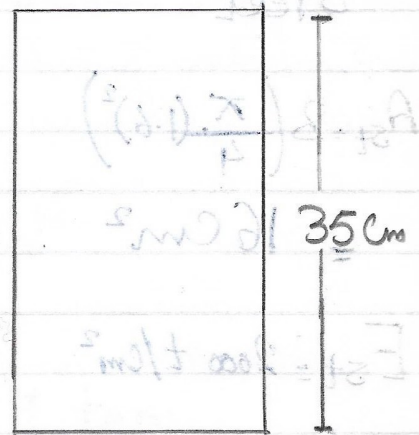
Answer

$$L = 35 \text{ cm} \quad A = 45 \times 45 = 2025 \text{ cm}^2$$

$$E = 0.9 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

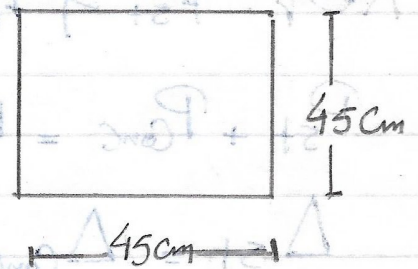
$$F_{all} = 1100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta_{all} = 0.08 \text{ cm} \times L$$



Req: P_{max}

$$F. \frac{P}{A} = \frac{P}{2025} = 1100$$



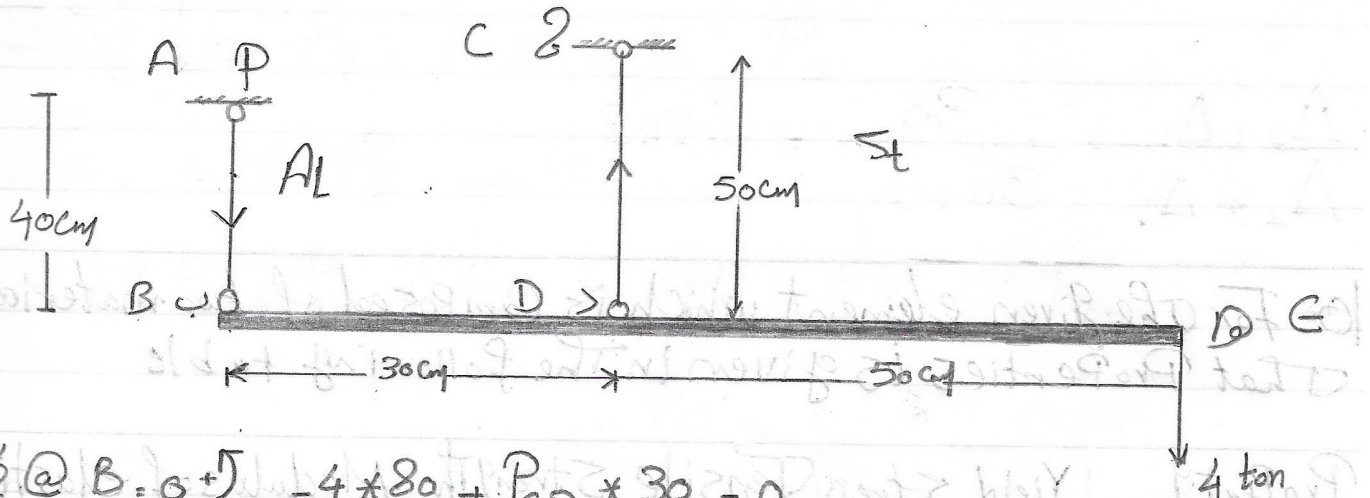
$$P_{max1} = 222750 \text{ kg} \rightarrow (1)$$

$$\Delta = \frac{P \times L}{A \times E} = \frac{P \times 35}{2025 \times 0.9 \times 10^6} = 35 \times 0.08$$

$$P_{max2} = 145800 \text{ kg} \rightarrow (2)$$

$$\therefore P_{max} = 145800 \text{ kg}$$

9. قضيب جاسع ب د و مثبت بواسطة قضيبين أ ب و ج د
 ومعرض طول ع لهما عند الطرف (هـ) فإذا كان القضيب أ ب من الألومنيوم
 ومساحته مقطعية أ سم² ومعيار مرونته = 8×10^6 كجم/سم². والقضيب
 ج د من الصلب ومساحته مقطعية 5 سم² ومعيار مرونته 2×10^6 كجم/سم²
 ← أوجد التشكل الرأس الحادث عند النقاط ب و د هـ ①
 و الأبعاد في كل من القضيبين أ ب و ج د >



$$\sum \text{at } B = 0 \Rightarrow -4 \times 80 + P_{CD} \times 30 = 0$$

$$\therefore P_{CD} = 10.67 \text{ ton} \quad \sum y = 0 \therefore P_{AB} = 6.67 \text{ ton}$$

→ Stresses

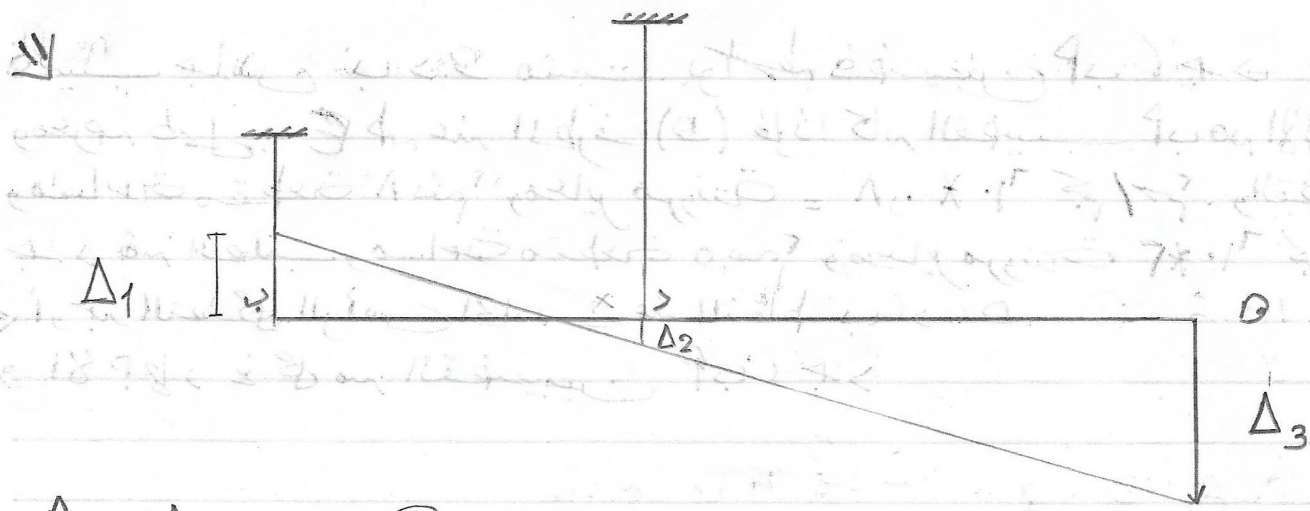
$$F_{AB} = \frac{6670}{8} = 833.75 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{CD} = \frac{10670}{5} = 2134 \text{ kg/cm}^2$$

→ Deformation

$$\Delta_{AB} = \frac{F \times L}{E} = \frac{833.75 \times 40}{0.8 \times 10^6} = 0.0417 \text{ cm}$$

$$\Delta_{CD} = \frac{2134 \times 50}{2 \times 10^6} = 0.0534 \text{ cm}$$

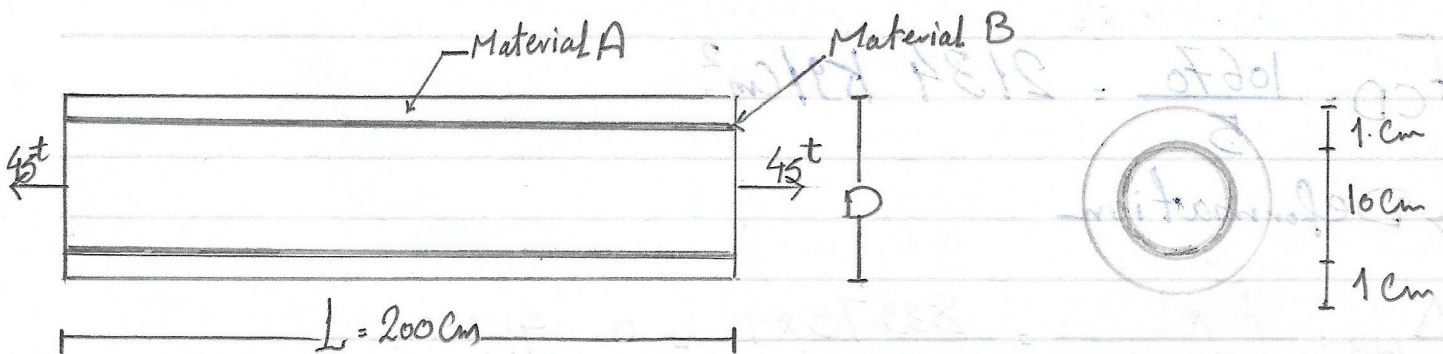


$$\frac{\Delta_3 + \Delta_1}{\Delta_2 + \Delta_1} = \frac{30}{30 + 50} = 0.2118$$

10. For the given element which is composed of two materials that properties is given in the following table

Property	Yield stress kg/cm ²	Tensile strength kg/cm ²	Modulus of elasticity t/cm ²
Material A	1260	1760	800
Material B	3600	5200	2100

Calculate the safe diameter D of the hollow section and the corresponding elongation



$$P_A + P_B = 45 \text{ ton} \rightarrow (1) \quad A_B = \frac{\pi}{4} (10)^2 = 78.53$$

$$\Delta_A = \Delta_B \quad A_A = \frac{\pi}{4} \times 12^2 = 113.1$$

$$\frac{P_A \times L}{800 \times 34.56} = \frac{P_B \times L}{2100 \times 78.53}$$

$$3.62 \times 10^{-5} P_A = 6.06 \times 10^{-6} P_B$$

$$P_A = 0.167 P_B \rightarrow (2)$$

$$0.167 P_B + P_B = 45 \quad \therefore P_B = 38.56 \text{ ton}$$

$$\therefore P_A = 6.44 \text{ ton}$$

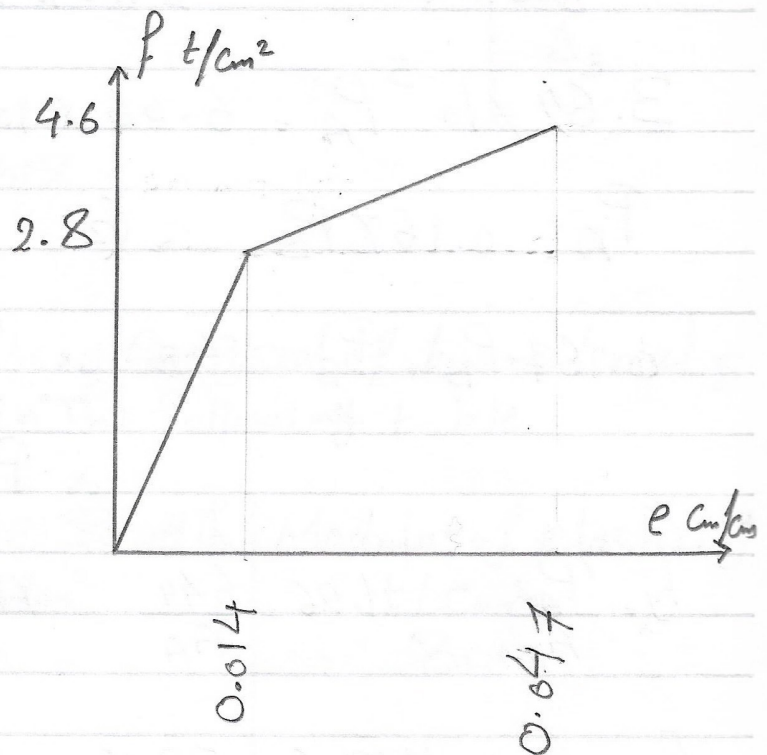
$$f_{y_A} = \frac{P_A}{A_A} \quad 1.26 = \frac{6.44}{A_A} \quad A_A = 5.1 \text{ cm} \quad D_A = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 2.55 \text{ cm}$$

$$f_{y_B} = \frac{P_B}{A_B} \quad 3.6 = \frac{38.56}{A_B} \quad A_B = 10.7 \text{ cm} \quad D_B = 3.69 \text{ cm}$$

$$\Delta = \frac{6.44 \times 200}{5.1 \times 800} = 0.31 \text{ cm} \quad \checkmark$$

11. Determine The elastic Load P_e and The Load that Cause a strain of 0.025 on steel Specimen Length = 20 cm and Cross Section diameter 12 mm that is subjected to axial force P . Knowing that the stress strain relationship of the steel is as Follows $A = 1.13 \text{ cm}^2$

Req: 1. Modulus of elastic
 2. M.O.R
 3. M.O.T
 4. Ductility
 5. Design member of The same steel Carry a tensile Load of 18 ton
 i F (0.25% Proof stress)



Answer

$$1. M.O.E = \frac{F}{e} = \frac{2.8}{0.014} = 200 \text{ t/cm}^2$$

$$2. M.O.R = \frac{\frac{1}{2} * 3.164 * 0.28}{1.13 * 20} = 0.0196 \text{ t/cm}^2$$

$$e = \frac{\Delta L}{L} \quad 0.014 = \frac{\Delta L}{20}$$

$$\rightarrow \Delta L = 0.28 \text{ cm}$$

$$F_{Pr} = \frac{P_{Pr}}{A} \quad 2.8 = \frac{P_{Pr}}{1.13}$$

$$\rightarrow P_{Pr} = 3.164 \text{ ton}$$

$$F_u = \frac{P_u}{A} = 4.8 = \frac{P_u}{1.13}$$

$$\rightarrow P_u = 5.424 \text{ ton}$$

$$\rightarrow \Delta_{max} = 0.047 = \frac{\Delta L}{20} = 0.94 \text{ cm}$$

$$3. M.O.T = \frac{1}{2} \times 3.164 \times 0.28 + 3.164(0.94 - 0.28)$$

$$+ \frac{1}{2} \times (5.924 - 3.164) \times (0.94 - 0.28)$$

$$= 0.145 \text{ t/cm}^2$$

$$1.13 \times 26$$

4. Ductility.

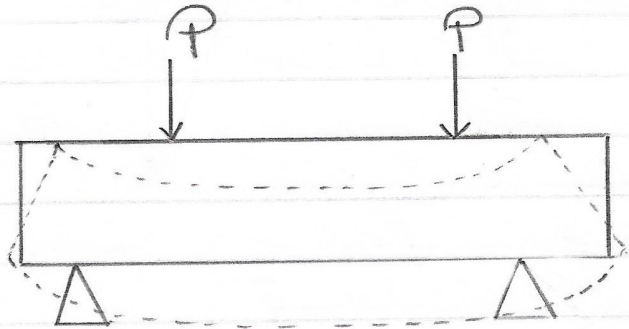
$$\rightarrow \text{Elongation} = \frac{\Delta L_{\max}}{L} \times 100 = \frac{0.94}{20} \times 100 = 4.7\%$$

الباب الرابع: سلوك المواد الهندسية تحت تأثير الأحمال الاستاتيكية

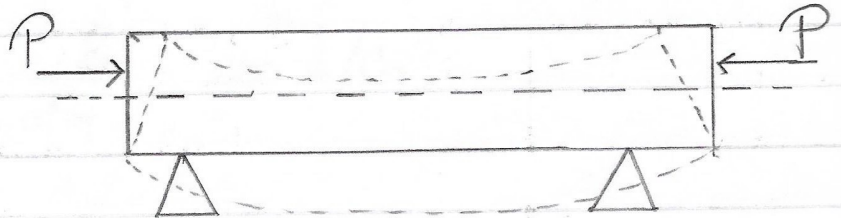
مقدمة

إذا تعرضت أي عنصر إنشائي إلى قوة أو أحمال أو عزوم بحيث يتولد عنها إجهادات شديداً على أحد أوجه العنصر وإجهادات ضغط على الوجه المقابل له فإنه العنصر يكون في حالة انحناء. وقد تم قيمت هذه الإجهادات بالقيمة صفر عند أحد مستويات العنصر الإنشائي المحمل وليس محور التعادل وتكون الإجهادات الناشئة عن العزوم مصحوبة بإجهادات قصية تؤثر على قطاع العنصر المستخدم. وأحد حالات الانحناء إذا تعرضت كمر إلى أحمال رأسية في مستوى رأس مع محور الكمر أو إلى أحمال لأحوريت تعمل في المستوى المار بحور الكمر أو إلى عزوم وانحناء تعمل في مستوى محور الكمر.

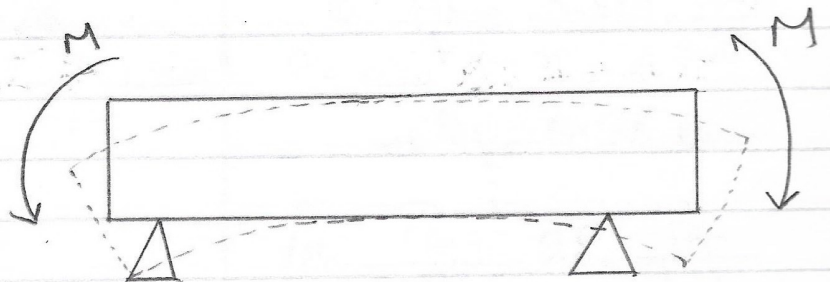
حمل رأس على كمر



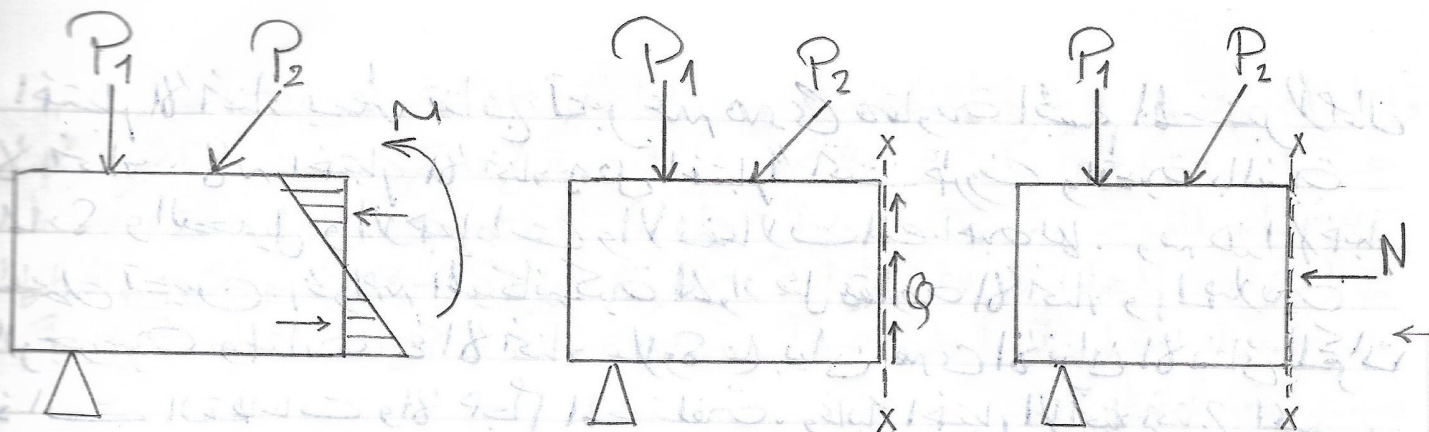
حمل أفقي لامركزي



عزوم وانحناء



حالات التحميل بالانحناء



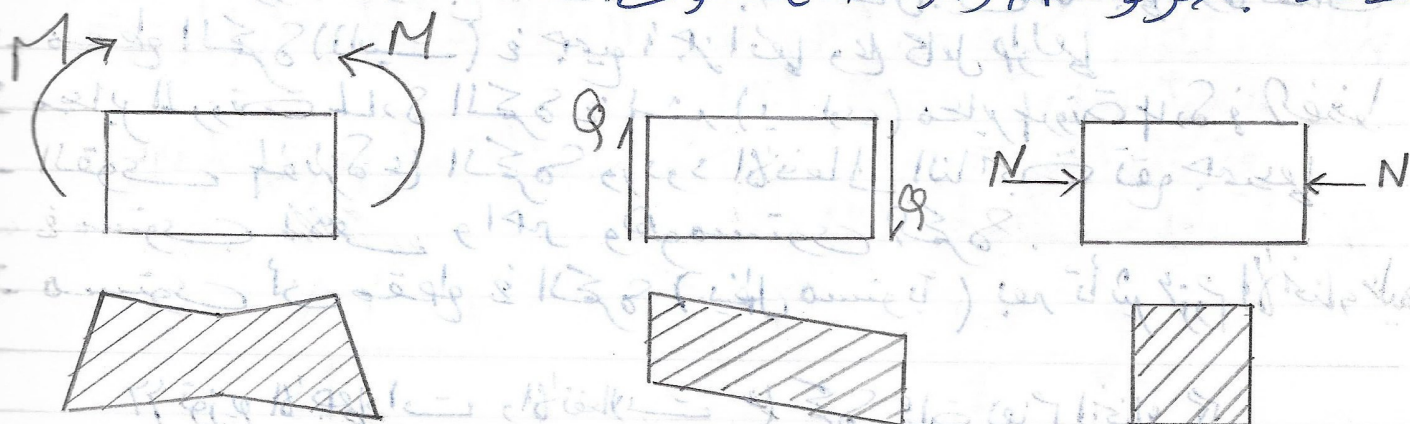
الجهود الانحناء

الجهود القص

الجهود ضغط عمودي

« الجهود الموجودة على مقطع كمر »

وقد تتعرض المنشآت الهندسية المختلفة والمبانيات لأسناد قسرية إلى الجهود الانحناء التي قد تكون مألوفة بالجهود خسر مباشر أو ضغط مباشر أو الجهود القص أو الجهود الانحناء. وينتج عن الجهود الانحناء انحرافاً وانزلاقاً وانثناءً للمنشأة المستعرضة للكمرة المحملة الانضغاط (الضغط) وانزلاقاً وانثناءً لهذا المقطع كما هو مبين بالشكل (٣-٤) وذلك نتيجة للجهود الضغط المباشر والقص والانحناء على التوالي.



تأثير عزوم الانحناء
(انثناء)

تأثير قوى القص
(انزلاق)

تأثير القوى العمودية
(انضغاط)

« الانفعالات الموجودة على مقطع الكمر »

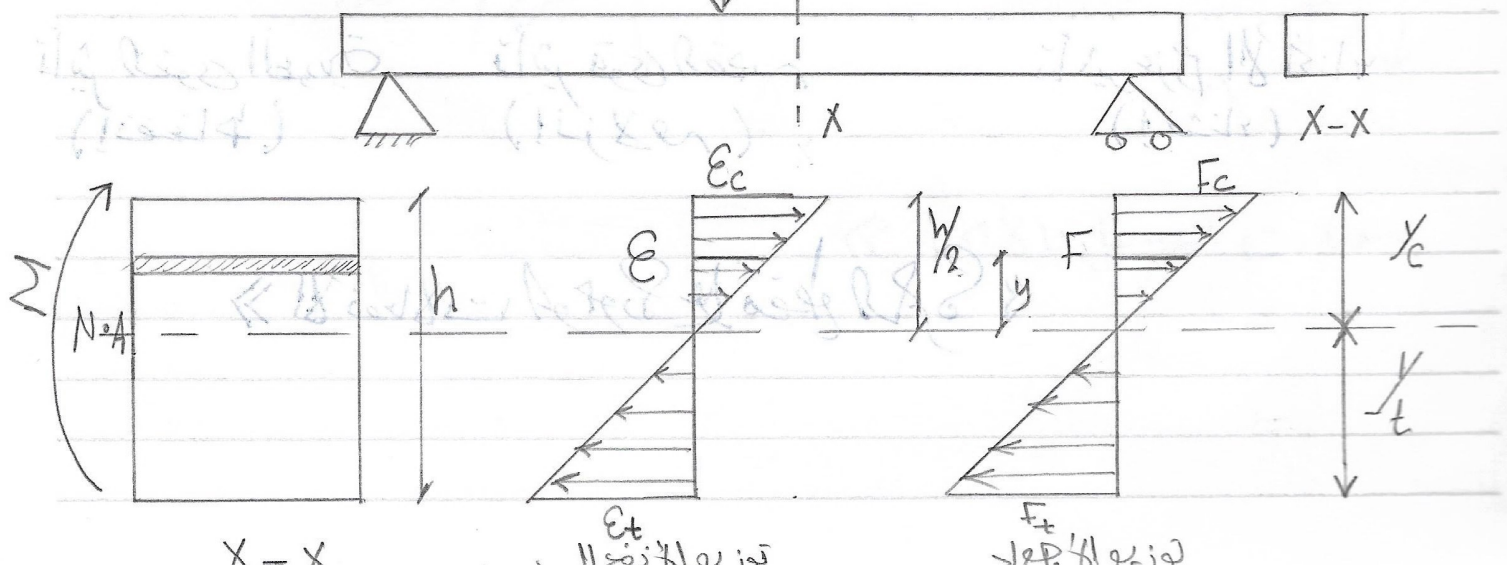
* اختيار الأختناذ يظهر نتائج تغير مع مدى مقاومة الجسم المختبر لأعمال الأختناذ ، لأنه اختيار الأختناذ مثل اختياراً تحت ظروف واقعية بالنسبة للمادة والتحميل والأجهادات والانفعالات المصاحبة لها . ومن هذا الاختيار ليسهل تحسين المحاولات الميكانيكية للمواد مثل مقاومة الأختناذ والصلابة والرجوعية ولتأنيث في الأختناذ علاوة على بيان مدى الأتزان الأثنائي للحركات ذات القطاعات والأحجام المختلفة . وغالباً اختيار الأختناذ يحتاج إلى إعمال مخيرة لا تحامى لذلك فإنه ما كينات الاختيار للأختناذ ليس بديهية وعسير على التحرك . وذلك مع أنهم مميزات هذا الاختيار

هذا الاختيار يعبر أيضاً عن حالتي الصلابة والرجوعية بدقات عن اختيار الشر وذلك عن طريق رسم الأختناذ (التشكل في الأختناذ) بسهولة ودقة خصوصاً للمواد القهقنة مثل الحديد الزهر.

إجماليات الأختناذ في حدود المرونة (فرضه نظرية الأختناذ) (Elastic Theory)

- 1- مقطع الكمر المحجود بتأثير عزم الأختناذ (يتكون من مادتين متجانستين)
- 2- تخضع مادة الكمر أثناء تحميلها لقانون هوك أي أنها محجود في حدود المرونة ويتبع ذلك تناسب الخطر بين الأختناذ والأفعال
- 3- مقطع الكمر (ثابت) في جميع أجزائها وعلى كامل طولها
- 4- معايير المرونة لمادة الكمر في الشد (ياوي) معايير مرونة مادة في الضغط
- 5- القوى المؤثرة على الكمر وردود الأفعال الناتجة تقع جميعها في مستوى واحد وهو مستوى الكمر
- 6- مستوى أي مقطع في الكمر (يظل مستوياً) بعد تأثير عزم الأختناذ عليه

توزيع الأجهادات والانفعالات على كمر محجود بعزم أختناذ



وإذا اعتبرنا الكمرات السابقة توفى الشروط السابقة فيمكن
حساب إجهادات الأوتار عند أي مقطع بالكمرات تحت تأثير عزوم
الأوتار الذي يسبب دوراناً حول N.A. فتثبت إجهادات الضغط
في الأوتار العلوية وإجهادات الشد في الأوتار السفلية وتكون الإجهادات
عند خط التعادل تساوي صفراً. وعليه تكون الإجهادات موزعة توزيعاً
مستوياً على المقطع.

← لاشبات قانونه (إجهادات الأوتار) $M = 83 \text{ c } 84 \text{ . } 10^7$

← إجهادات الأوتار (F)

$$F = \frac{M}{I} y$$

← عزوم الأوتار (M)

← لاشبات من محور التعادل N.A. حتى النقطة المراد حساب الإجهاد عندها (y)
← عزوم المقعر الدائري للمقطع حول المحور الذي يدور حول (I)

وبذلك تكون أجزايات إجهادات الضغط عند نقطة المقطع الطريقتين
العلية وعلى مسافة (y_c)
وتكون أجزايات إجهادات الشد عند نقطة المقطع الطريقتين السفلي
وعلى مسافة (y_t)

$$F_c = \frac{M}{I} y_c \quad) \quad F_t = \frac{M}{I} y_t$$

معيار المقطع (Section Modulus)

$$Z_c = \frac{I}{y_c}$$

$$Z_t = \frac{I}{y_t}$$

معيار المقطع للضغط

للشد " "

وفي حالة المقاطع المتماثلة حول محور البسائط حيث $(y_c = y_t)$ ثبات

$$Z_c = Z_t = Z$$

$$\frac{I}{Z} = \frac{Y}{I}$$

$$F_c = F_t = \frac{M}{Z} \text{ and}$$

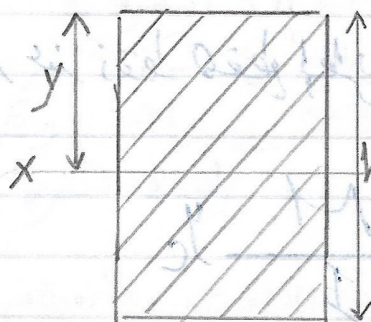
$$M = F \times Z$$

* ولهذا النتيجة (هذه) في تصميم المنشآت والمكينات المعروفة
لعزوم الأحمال معلوم (M) على هقلع المختبر لا يتعدى أكبر احمال
الأحمال المقطع الكمر عن احمال معين (F) وذلك بتعين قيمة معايير
القاطع (Z)

$$Z = \frac{M}{F}$$

عزم القصور الذاتي Moment of Inertia

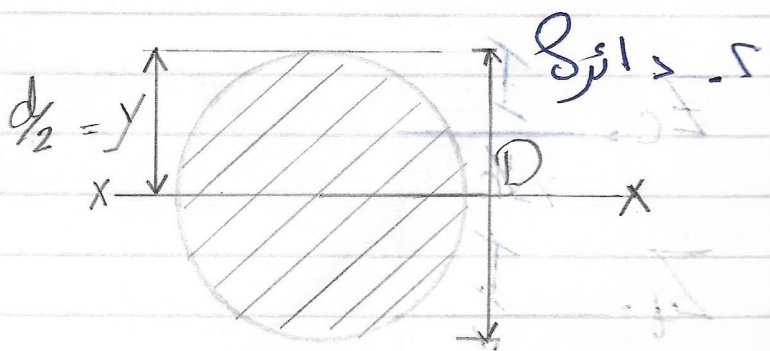
$$I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_y = \frac{hb^3}{12}$$



1- مستطيل

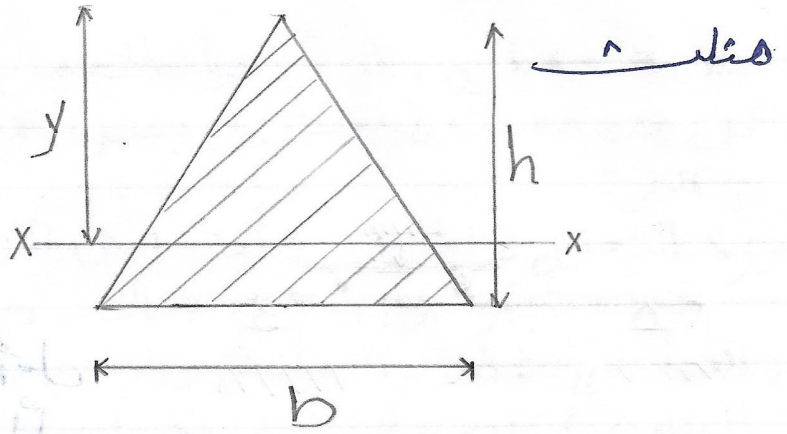
b

$$I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64}$$



2- دائرة

$$I_x = \frac{bh^3}{36}$$



أنواع الاختبار، ا

① اختبار الأثناء الكرى (2) اختبار الكثر على البار

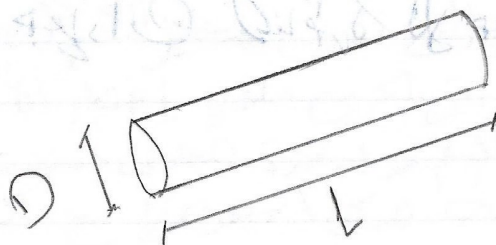
أولاً: اختبار الأثناء الكرى

يتم تحميل الكرات المختبرية بأحمال تسبب عزيم الأثناء حتى الكسر حيث يتم تقدير الحمل وسهم الأثناء عند الكسر لتعيين مقاومة الأثناء وملاية هازة الكره. ويمكن رسم منحنى الحمل وسهم الأثناء لتعيين خواص الميكانيكية طارة الكره المختبرية. وتتم المواصفات القياسية على ضرر هذا الاختبار على المواد القصفة (حمير الزهر - الحركانه - الخشب - الطوب وغيرها) لتعيين خواص مقاومة الأثناء والصلابة.

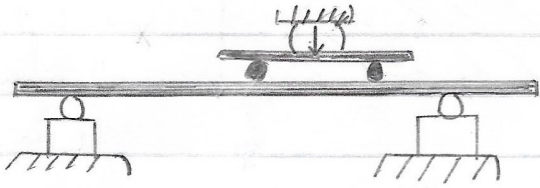
② عينات الاختبار : بحر العينة (L) فسادى 6 إلى 12 سم وارتفاع العينات (d)

$$L = 6d \text{ to } 12d$$

لتسمح بالأختبار تحت أحمال الأثناء

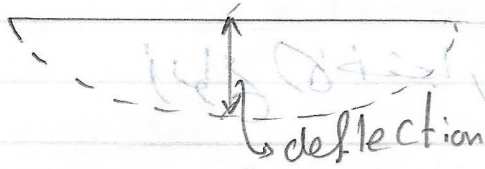


خطوات التجربة



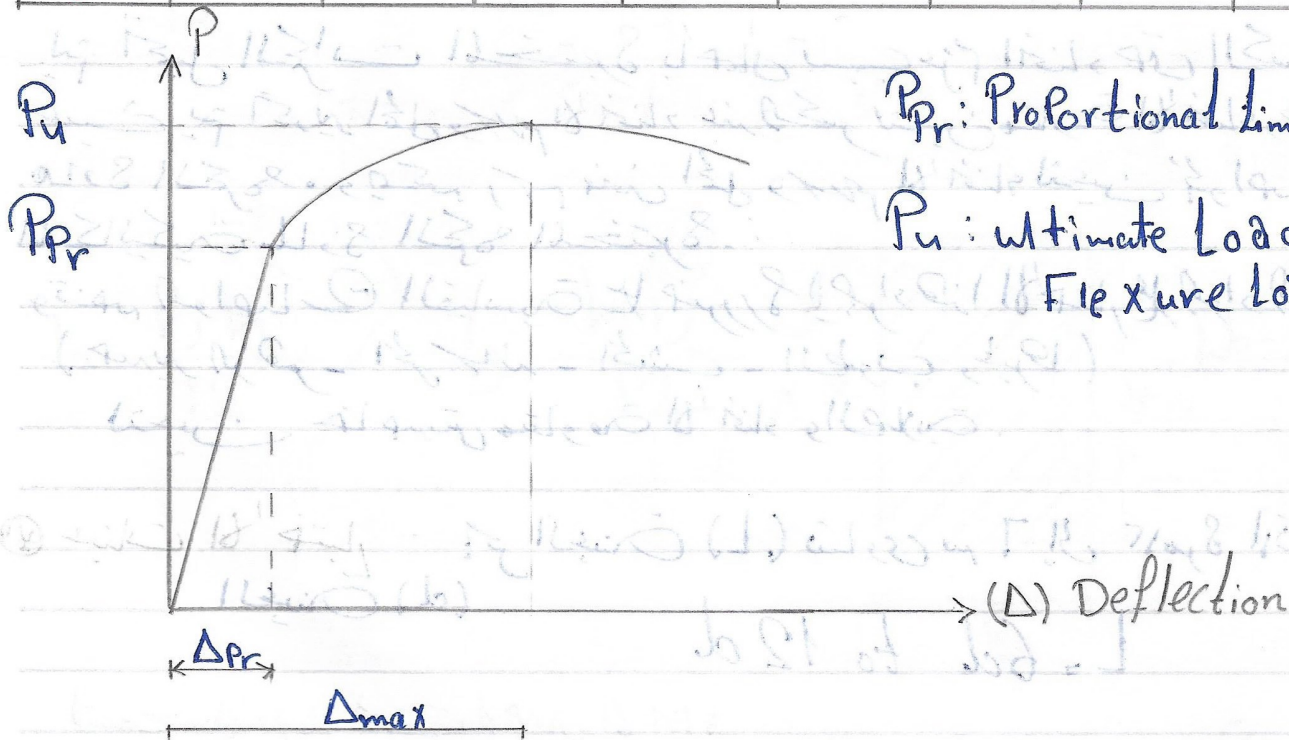
١- يتم تثبيت العينة كما بالشكل.

٢- يتم التحميل عن اكسر وتسجيل الحمل والترقيم الناتج عنه باستخدام (dial gage)



٣- رسم العلاقة بين الحمل ودرجة الانحناء

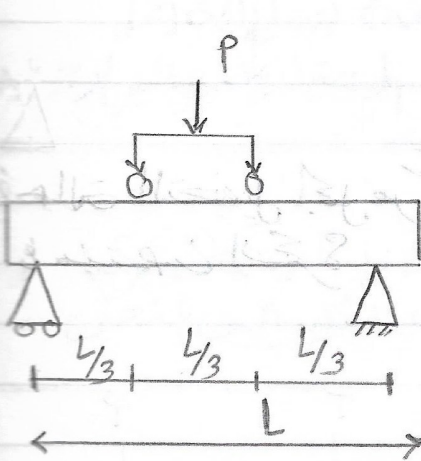
Load (P)	0	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
Deflection (Δ)	0	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6



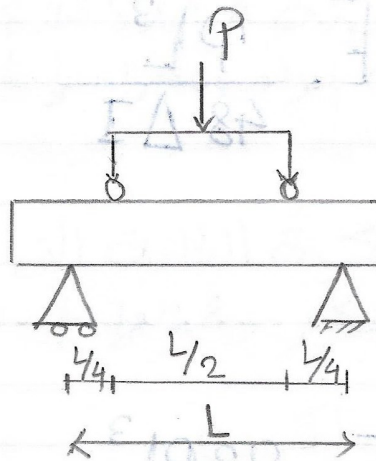
ويتم تعيين الأبعاد كما في الشكل

نقطة التحميل . توضع قطع التحميل بما كانت الاختبار بحيث ينتقل الحمل إلى العين في نقطتين ببحر الكرة وفي "نقطتين الثلث أو الربع والبكر"

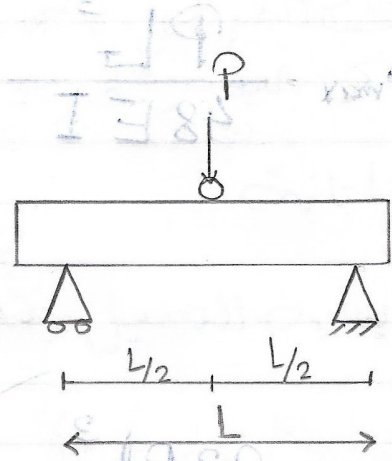
ميزة التحميل في نقطتين أنه يمكن الحصول على منطقة بالكرة تكون أثبت تأثير حمز الأختاء الحالصة ويبدو قوي قص ويفضل هذا النوع من التحميل في المواد القصفة وبالأخص الخرسانة. أما بالنسبة للمواد المرنة القصفة كما كبره الزهر يفضل أنه يكون التحميل في نقطة في منتصف الكرة لسهولة



تحميل في نقطتين في تلك البكر



تحميل في نقطتين في البكر



تحميل في نقطة واحدة

الخواص الميكانيكية في الاختاء

1- مقاومة الاختاء : يتم تعيين مقاومة الاختاء في حدود البروتات

$$I = \frac{M}{\sigma} \quad \sigma = \frac{M}{I}$$

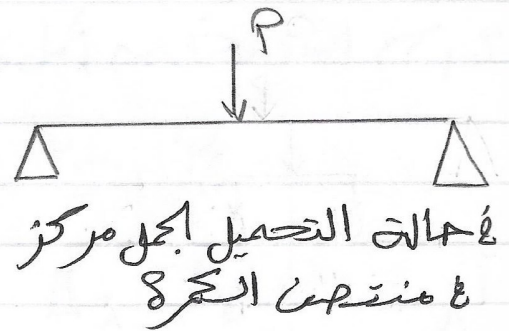
المقاومة القوي للاختاء : والتي تسمى معايير الكسر (Modulus of Rupture) فتعين للمواد القصفة وفي التي يجري عليها اختبار الاختاء غالباً باستخذاف نفس المعادلات السابقة بالرغم من أنه هذه المعادلات مستنتجات من اختبار البروتات فقط إلا أنه يمكن استخدامها مع التقريب البسيط

للمعادن القصبة نظراً لعدم تغير مقطع الكر و تغيراً ملحوظاً عند الكسر
عن المقطع أثناء التحميل الأول المرين، وانما تقاومت القوى
مع حمل الكر أو الحمل الثقيل في الاختبار

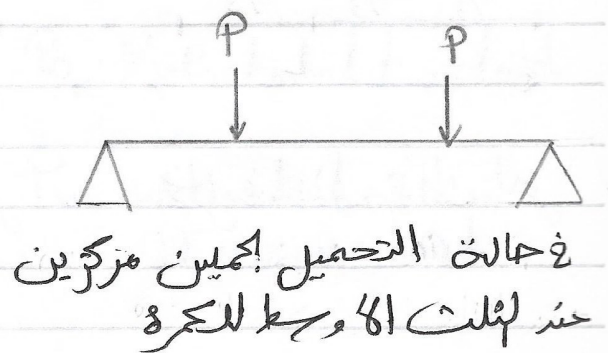
٢- الصلابة

تقاس صلابة مادة بقيمة معايير المرونة
حيث ان الصلابة تتناسب تناسباً طردياً مع معايير المرونة
ويعين معايير المرونة حالات:

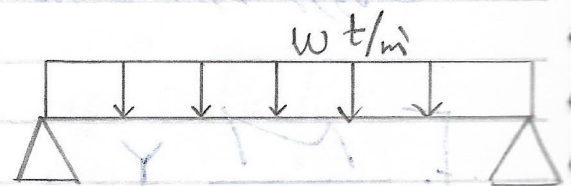
$$\Delta_{max} = \frac{PL^3}{48EI} \quad E = \frac{PL^3}{48\Delta I}$$



$$\Delta_{max} = \frac{23PL^3}{1296EI} \quad E = \frac{23PL^3}{1296\Delta I}$$

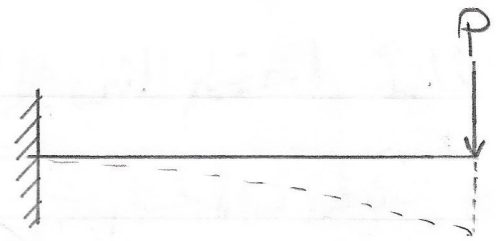


$$\Delta_{max} = \frac{5wL^4}{384EI} \quad E = \frac{5wL^4}{384\Delta I}$$



في حالة التحميل اجمال موزع

$$\Delta_{max} = \frac{PL^3}{3EI} \quad \text{و} \quad \frac{PL^3}{3\Delta I}$$



في حالة التحميل الجمل مركز على
كمره مثبتة على هيئة كابوكي

٣- الرجوعية

في كمية الطاقة التي تمتصها العينة (الكمره)
أدت تأثير الحمل في محور الكمره ثم إعادة هذه الطاقة بعد إزالة الحمل.
ويمكن التعبير عن الرجوعية لمواد ومقارنتها في مواد باختلاف بنائهم الرجوعي

٤- المتانة

في كمية الطاقة التي تمتصها العينة (الكمره)
من بداية التحميل وحتى الكسر وتمثلها مساحة الكمية التي تمتصها

الأنهار في الأثناء الكمره

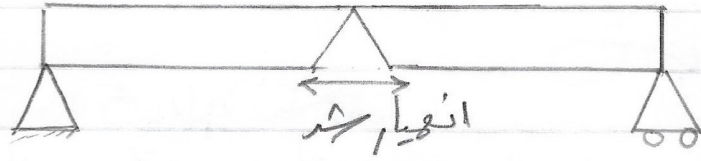
شكل الأنهار في الكمرات يختلف طبقاً للعوامل الآتية

- نوع المادة
- نوع الأحمادات مسببة للأنهار
- أبعاد العينة المختبرة
- شكل و أبعاد المقطع المستعرض
- العلاقة بين إنتاج الكمره وطول الكمره

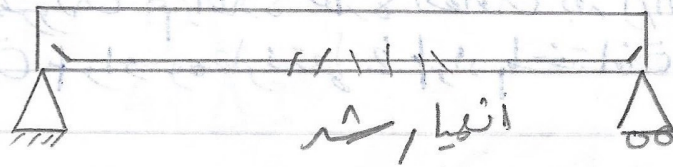
يكون الأنهار غالباً في الكمرات القصيرة بالكسر في مقطع الأكثر إجهاداً عند
جزئيات الطرفية المجهرية بالشر . حيث تحمل المواد القصيرة للشه
ضعيف بالشر لتحميل في الضغط . فمثلاً يتحمل الحديد الزهر
في كسر حوالي ٢٥% من مقاومته للضغط . وتحمل الخرسانة في كسر
حوالي ١٥% من مقاومتها للضغط

٥ شكل الكسر للاختبار المختلفة

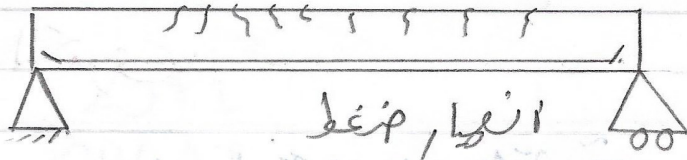
حديد زمر او حديد سائى بدون حديد تسليح



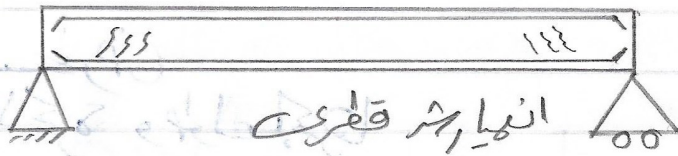
حرس سائى بكم حديد تسليح غير كاف



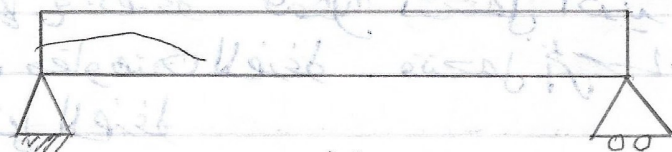
حرس سائى بكم حديد تسليح زائد في منطقة الشدة



حرس سائى بكم حديد تسليح كاف علوى وفلى



كمره مدرج خشب



انفجار قسمه لاختبار

④ الخوصه من الاختيار

التأكد من قواها الخاصة بالمسؤولية للخدمة ودراسة

④ عیادت الیہ : \therefore

۴) حیثاً و جہاً :
 لے تم تثبت علی حقیت یواری لم فالما و تھون اخلاقہ

R-D 131: قه المسخ \rightarrow س.ف. \rightarrow خ.ا.

$$R = 1.5D \quad " \quad " \quad " \quad \leq \quad " \quad " \quad " \quad " \quad =$$

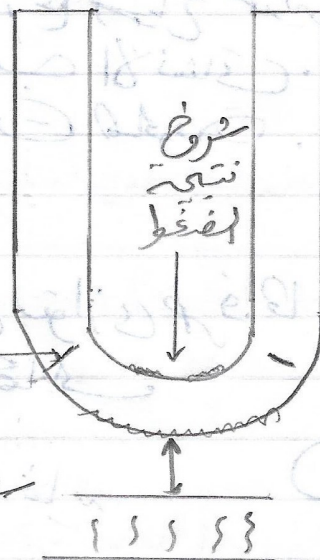
ماكينات الاختبار للنن علي كباد

اخرى لهذا الاختيار اما بشئ العسرة حولي كما حذر يتقارر لم فاما



انهميار المواد في اختيار الشن على البارد

يحدث انهميار للمواد الحبيطة نتيجة إجهادات الشد او الضغط او لقهر او بالتشقق والكسر نتيجة لعدم تطابقها



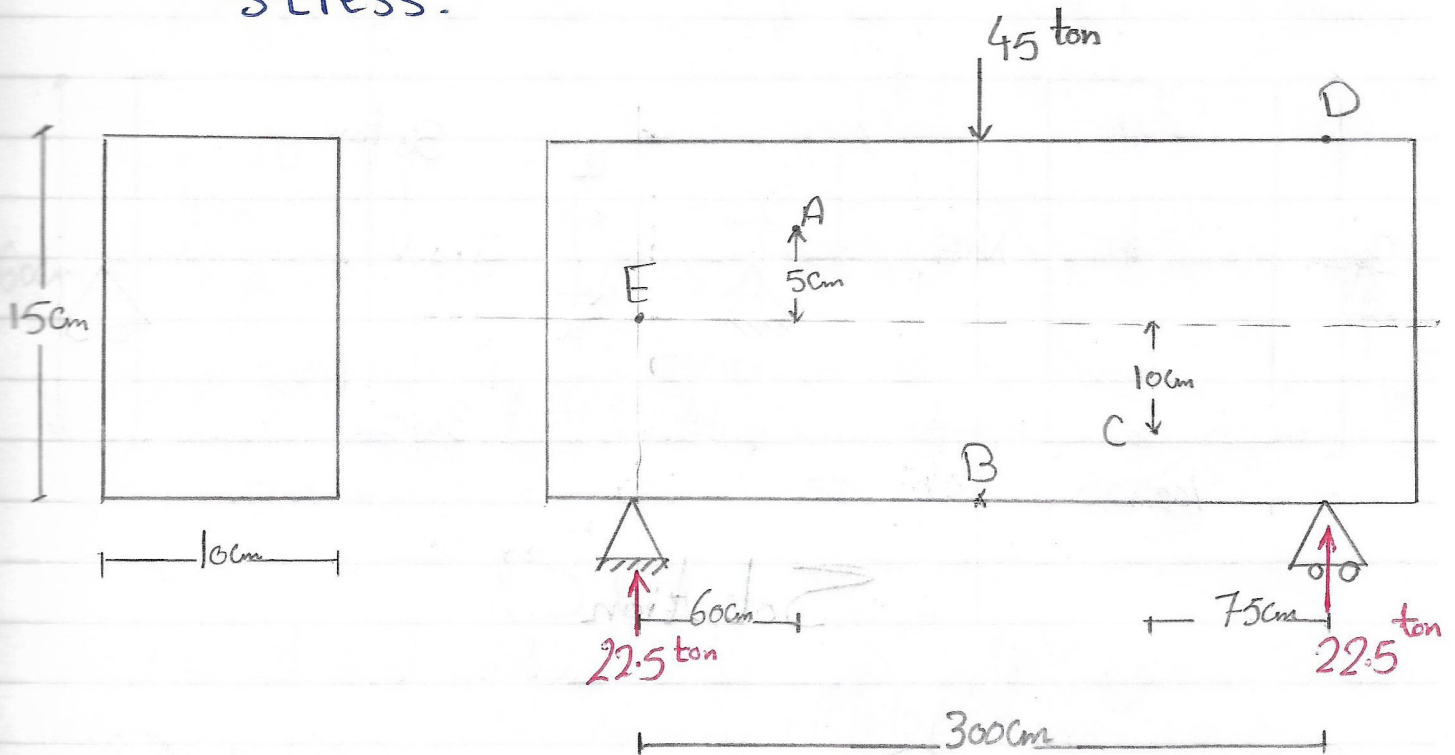
شكل انهميار المواد الحبيطة في اختيار الشن على البارد

اختيار ا - أخرى

- ١- اختيار الشن على الساخن: يتم إجراء هذا الاختبار على الجير المطاوع كحماره مطبوخة لمعرفة كمية الكربيت والتي تسبب في قلة مطوئيتها بشكل كبير عند درجات الحرارة العالية.
- ٢- اختيار شن التسقية: يتم إجراء هذا الاختبار لصلب مسامير البرشاك وذلك لمعرفة كمية الكربون العالي التي تسبب نقصه كبير في مطوئيتها.
- ٣- اختبار شن حر: يتم إجراء هذا الاختبار في حالة إذا أريد اختبار جرع للمعادن لبيان مدى حجم جزيئتها وعيوبها الداخلية والتي تسبب في نقص مطوئيتها المعده

Examples

1. For The Following beam, Determine The max Flexural Stress.



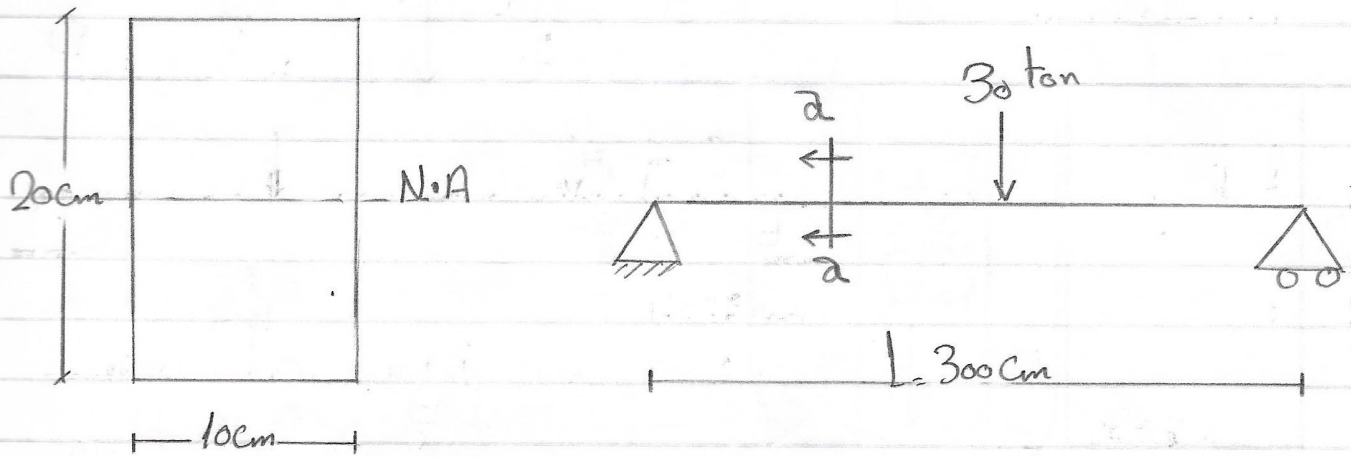
Point	M (t.cm)	I (cm ⁴)	y	$F = \frac{M}{I} y$ (t/cm ²)
A	$22.5 \times 60 = 1350$	$\frac{B h^3}{12} = \frac{10 \times 15^3}{12} = 2812.5 \text{ cm}^4$	5	2.4
B	$22.5 \times 150 = 3375$		7.5	9
C	$22.5 \times 75 = 1687.5$		10	6
D	0		7.5	0
E	0		0	0

\therefore Max Flexural = 9 t/cm^2

\therefore Determine The Max Deflection if $E = 2000 \text{ t/cm}^2$

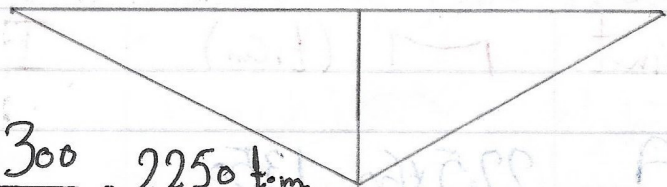
$$\Delta = \frac{45 \times 300^3}{48 \times 2000 \times 2812.5} = 4.5 \text{ cm}$$

2. For The following beam, Determine The max Flexural Stress and deflection. if M.O.E = 2000 t/cm^2



Solution

B.M.D



$$\therefore M = \frac{PL}{4} = \frac{30 \times 300}{4} = 2250 \text{ t.m}$$

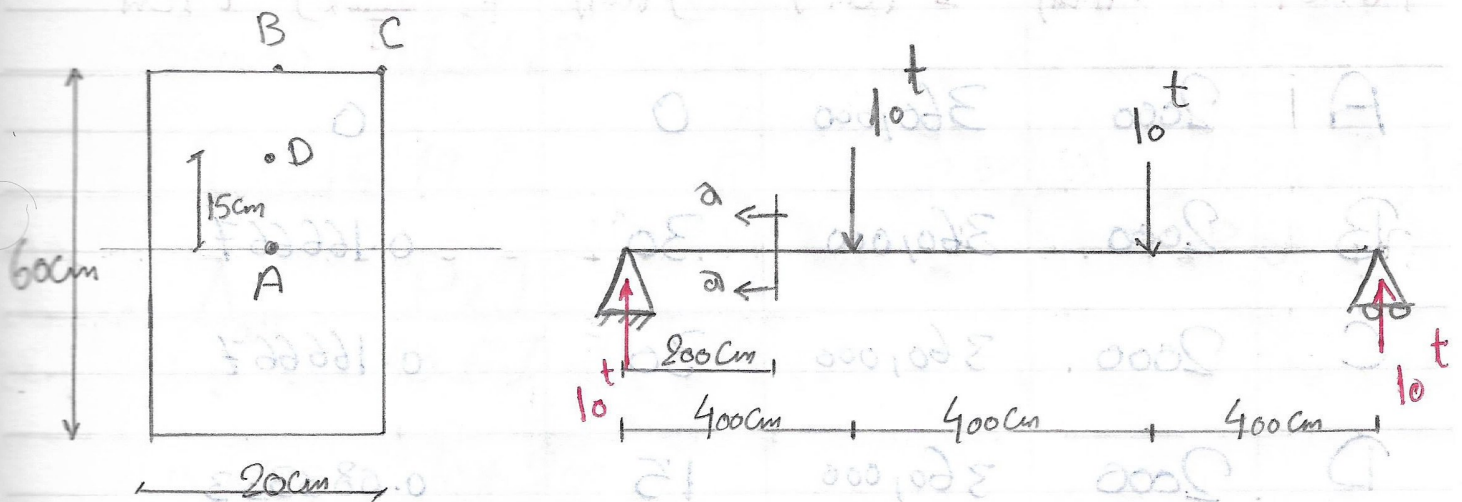
$$\therefore I = \frac{bh^3}{12} = \frac{10 \times 20^3}{12} = 6666.67 \text{ cm}^4$$

$$\therefore y = \frac{h}{2} = \frac{20}{2} = 10 \text{ cm}$$

$$\therefore f = \frac{M}{I} y = \frac{2250}{6666.67} \times 10 = 3.375 \text{ t/cm}^2$$

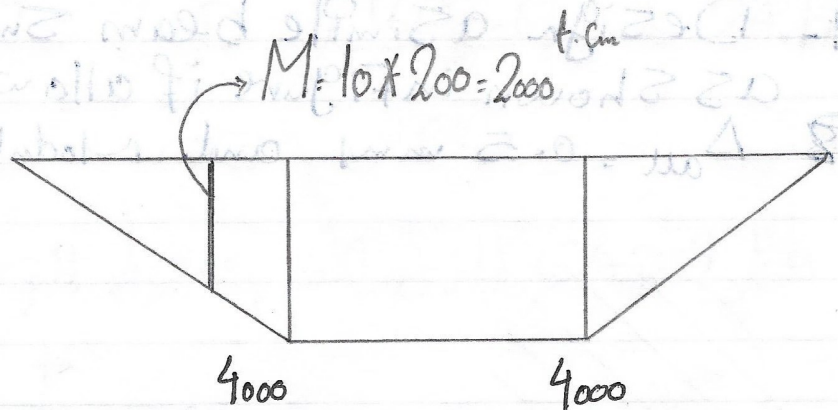
$$\therefore \Delta = \frac{P \cdot L^3}{48 EI} = \frac{30 \times 300^3}{48 \times 2000 \times 6666.67} = 0.7 \text{ cm}$$

3. For The following beam, Determine The max flexural stress at section (a-a) at Point A, B, C, D



Solution

B.M.D



$$M_{\max}, 4000 \text{ t.cm}$$

$$I = \frac{b h^3}{12} = \frac{20 \times 60^3}{12} = 360000 \text{ cm}^4$$

$$y = \frac{h}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ cm}$$

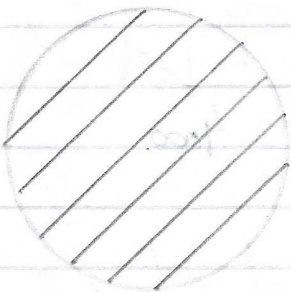
$$\therefore \text{Max flexural stress, } \frac{M}{I} y = \frac{4000}{360000} \times 30 = 0.333 \text{ t/cm}^2$$

at section (a-a)

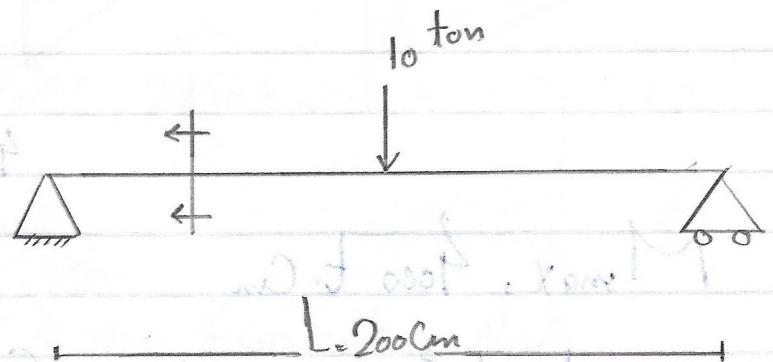
$$M_{at\ sec\ (a-a)} = 2000\ t \cdot cm$$

Point	M (t.cm)	I (cm ⁴)	y (cm)	$f = \frac{M}{I} \times y\ t/cm^2$
A	2000	360,000	0	0
B	2000	360,000	30	0.166667
C	2000	360,000	30	0.166667
D	2000	360,000	15	0.083333

4. Design a simple beam subjected to 10 ton as shown in figure if allowable stress $1200\ kg/cm^2$
 $\Delta_{all} = 0.5\ mm$ and Modulus of Elasticity $= 2000\ t/cm^2$



Sec (a-a)



Solution

$$M = \frac{10 \times 200}{4} = 500\ t \cdot cm \times 1000 = 500000\ kg \cdot cm$$

$$I = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{\pi D^4}{64}$$

$$1200 = \frac{500000}{\frac{\pi}{64} \times D^4} \times \frac{D}{2}$$

$$500000 = 117.81 \times D^3$$

$$D = 16.19 \text{ cm} \rightarrow (1)$$

قطر العين الذي يحقق شرط
الاحتكاك

$$\Delta_{all} = \frac{P \times L^3}{48 E I}$$

$$0.05 = \frac{10 \times 200^3}{48 \times 2000 \times I}$$

$$I = 16666.67 \text{ cm}^4 \quad \therefore D = \sqrt[4]{\frac{16666.67 \times 64}{\pi}} = 24.14 \text{ cm} \rightarrow (2)$$

قطر العين الذي يحقق شرط الترخيم

∴ اختيار القطر الأكبر الذي يحقق الشرطية = 24.14 cm

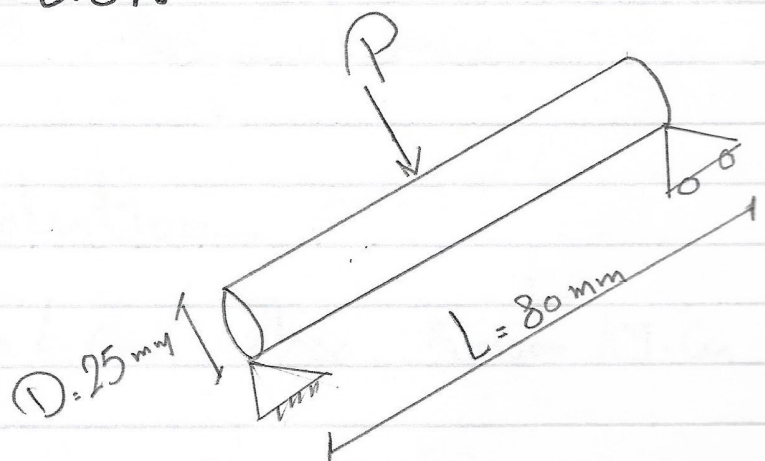
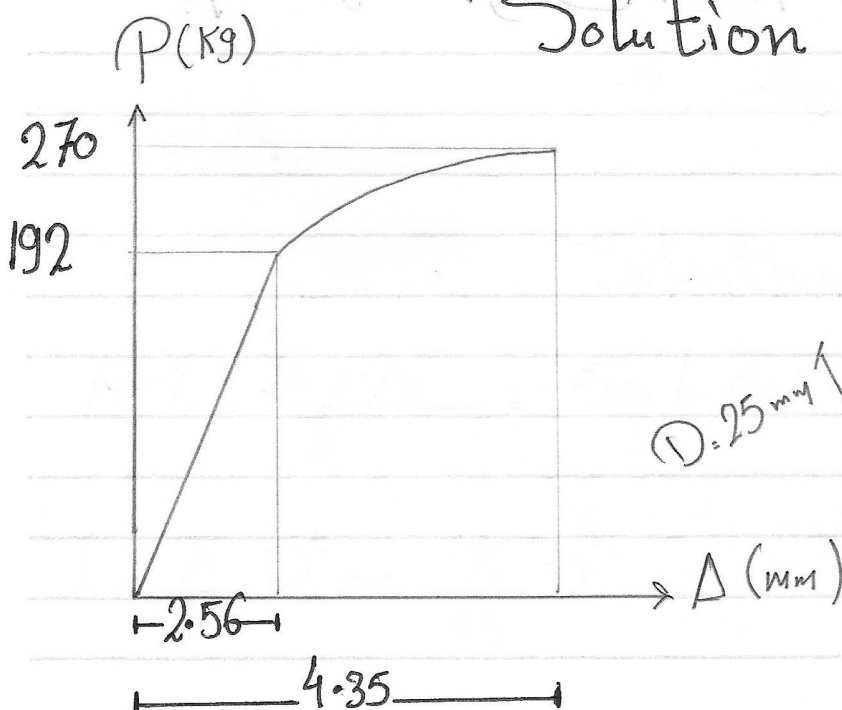
5. A Three Point bending test is Performed on a metallic beam made of steel bar and has a span of ~~80~~ 80 mm and a diameter of 25 mm. The Load P is applied at mid span of the beam and The deflection Δ Was recorded at same location. Data Collected UP to Failure are as Follows

P, kg	0.0	24	48	72	108	144	192	216	240	264	270
Δ, mm	0.0	0.32	0.64	0.96	1.44	1.92	2.56	3.30	3.79	4.10	4.35

Plot the P - Δ Relation Ship and find The Followings

1. Modulus of Elasticity
2. " " resilience in bending
3. Max. elastic Stress and Strain
4. Modulus of rupture
5. The Permanent deflection if The applied Load P is increased from zero to 250 kg and then decreased back to zero

Solution



$$\therefore A = \frac{\pi}{4} (2.5)^2 = 4.91 \text{ cm}^2$$

$$I = \frac{\pi}{64} (2.5)^4 = 1.92 \text{ cm}^4$$

$$P_{Pr} = 192 \text{ kg} \quad ? \quad P_u = 270 \text{ kg}$$

$$y = \frac{D}{2} = \frac{2.5}{2} = 1.25 \text{ cm} \quad \text{أقصى دائرة}$$

$$1. \quad \epsilon = \frac{P \cdot L^3}{48 \Delta I}$$

① استخدم أول نقطة في الجدول
الذي بعد ٥٥٥

$$\epsilon = \frac{(24/1000) \times (8)^3}{48 \times (0.32/10) \times 1.92} = 4.1667 \text{ t/cm}^2$$

$$2. \text{ M.O.R} = \frac{1/2 \times P_{Pr} \times \Delta P_r}{Vol}$$

$$\frac{1/2 \times (192/1000) \times (2.56/10)}{4.91 \times 8} = 6.26 \times 10^{-4} \text{ t/cm}^2$$

$$3. \text{ Max elastic stress } (F_{Pr}) \quad \text{أقصى إجهاد مروني}$$

$$\therefore F_{Pr} = \frac{M_{Pr}}{I} \cdot y$$

$$M_{Pr} = \frac{P_{Pr} \times L}{4} = \frac{(192/1000) \times 8}{4} = 0.384 \text{ t} \cdot \text{cm}$$

$$\therefore f_{Pr} = \frac{0.384}{1.92} \times 1.25 = 0.25 \text{ t/cm}^2$$

$$\therefore e = \frac{f}{E} = \frac{0.25}{4.1667} = 0.059 \text{ cm/cm}$$

4. Modulus of Rupture :

مقاومت کشش

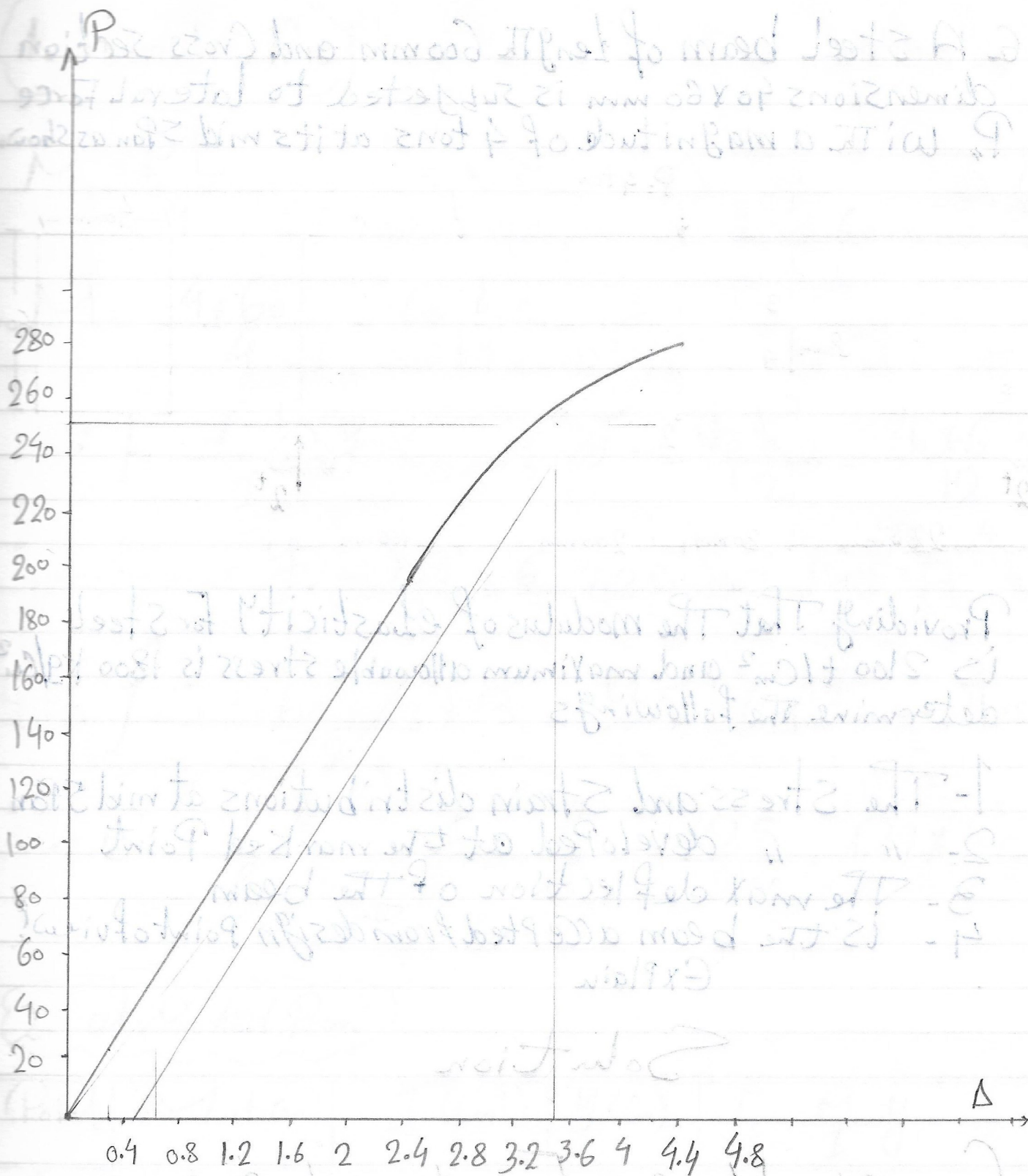
$$F_u = \frac{M_u}{I} \times y$$

$$M_u = \frac{P_u \times L}{4} = \frac{(270/1000) \times 8}{4} = 0.54 \text{ t} \cdot \text{cm}$$

$$F_u = \frac{0.54}{1.92} \times 1.25 = 0.35 \text{ t/cm}^2$$

5. Remove load at 250 Kg

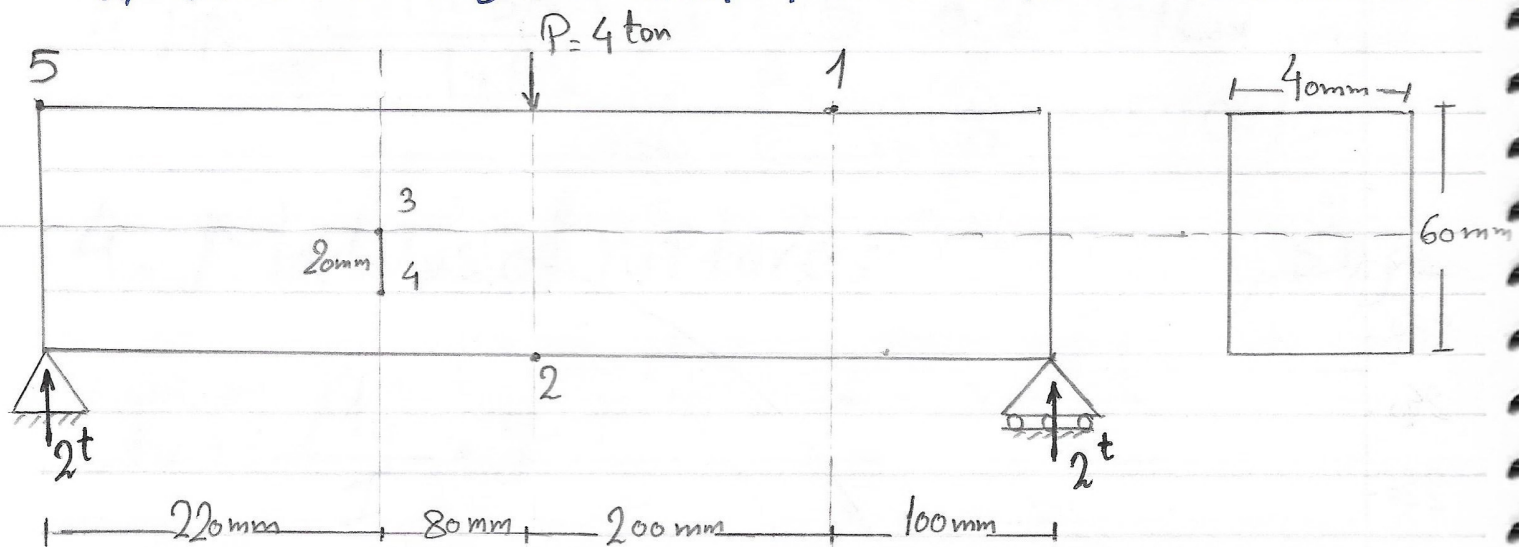
حمل 250 kg فقط موجود باقی بماند
و بالتالي لا يبرهن على كفاية بياض بالترتيب



$$\Delta = 0.5 \text{ mm}$$

$$L = 600 \text{ mm} = 60 \text{ cm}$$

6. A steel beam of length 600 mm and cross section dimensions 40 x 60 mm is subjected to lateral force P , with a magnitude of 4 tons at its mid span as shown



Providing That The modulus of elasticity for steel is 2100 t/cm^2 and maximum allowable stress is 1800 kg/cm^2 determine the followings

- 1- The stress and strain distributions at mid span
- 2- " " developed at the marked point
- 3- The max deflection of the beam
- 4- Is the beam accepted from ^{the} design point of view? Explain

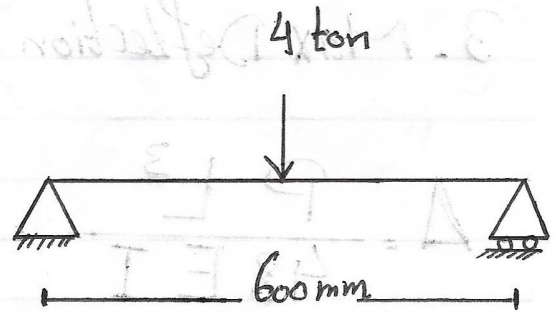
Solution

$$E = 2100 \text{ t/cm}^2 \quad F_{all} = 1800 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 600 \text{ mm} = 60 \text{ cm}$$

1. at mid Span

$$M = \frac{PL}{4}$$



$$M = \frac{4 \times 60}{4} = 60 \text{ t.cm} \checkmark$$

$$\therefore f = \frac{M}{I} y \quad I = \frac{bh^3}{12} = \frac{4 \times 6^3}{12} = 72 \text{ cm}^4 \checkmark$$

$$y = \frac{h}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ cm} \checkmark$$

$$\therefore f = \frac{60}{72} \times 3 = 2.5 \text{ t/cm}^2 \Rightarrow \text{Stress}$$

$$\therefore E = \frac{f}{e} \quad \therefore e = \frac{f}{E} = \frac{2.5}{2100} = 1.19 \times 10^{-3} \text{ cm/cm}$$

2. at Marked Point

Point	M (t.cm)	I (cm ⁴)	y (cm)	$f = \frac{M}{I} y$
1	20	72	3.0	0.833
2	60	72	3.0	2.5
3	44	72	Zero	Zero
4	44	72	2.0	1.222
5	0	72	3.0	Zero

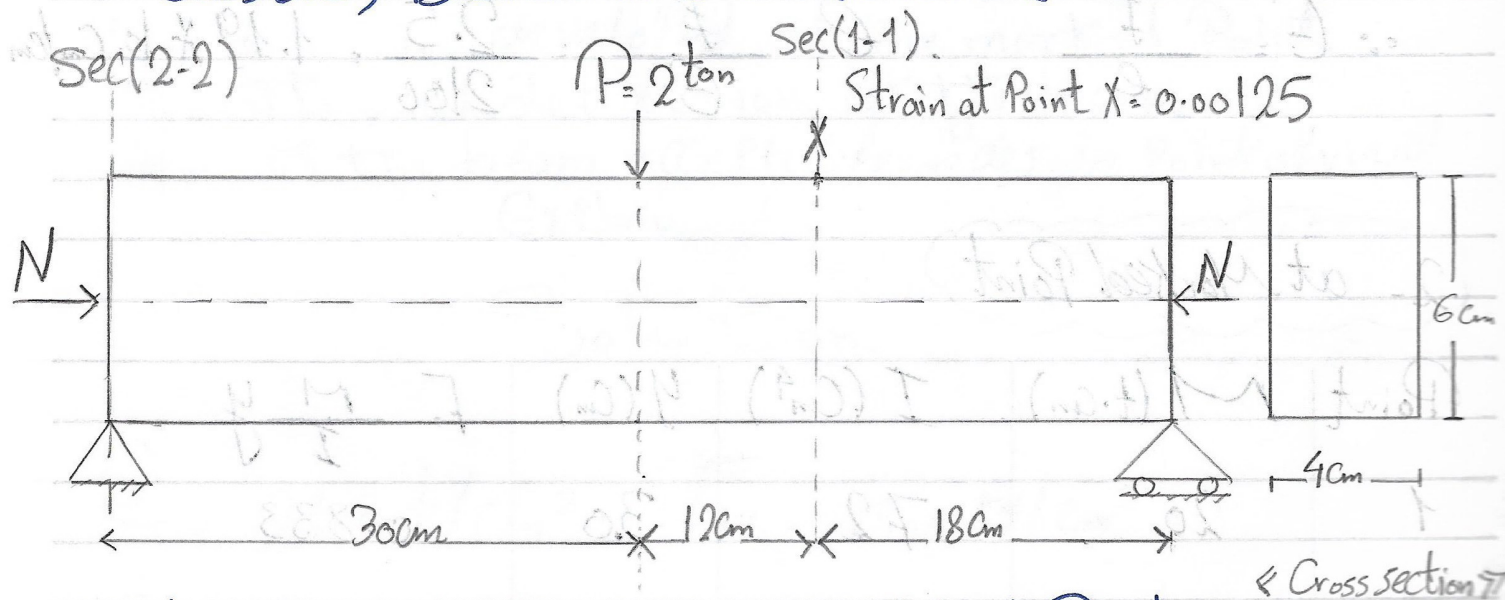
3. Max Deflection

$$\Delta = \frac{P L^3}{48 E I} = \frac{4 \times 60^3}{48 \times 2100 \times 72} = 0.12 \text{ cm}$$

4. The beam not accepted, because

$$F_{all} = 1.8 \text{ t/cm}^2 < F_{max} = 2.5 \text{ t/cm}^2$$

7. A steel beam is subjected to a lateral Force $P = 2 \text{ ton}$ at its mid span and an axial Comp. Force N as shown. The measured strain at Point X is 0.00125 (Compression). The Modulus of elasticity of steel is 1800 t/cm^2 and the material is assumed elastic, Determine the following



- Determine:
1. The stress developed at Point X
 2. The applied Compression force N
 3. The Stress distributions at section 1 at mid-span (Section 1) and at support (Section 2)

Solution:.

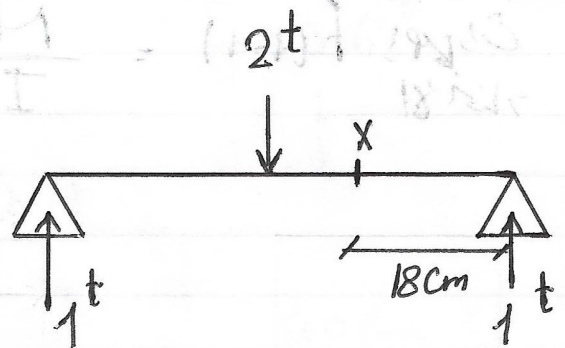
$$e_x = 0.00125$$

$$I = \frac{4 \times 6^3}{12} = 72 \text{ cm}^4$$

$$\therefore E = \frac{F}{e} \quad \therefore F_x = E \times e = 1800 \times 0.00125 = 2.25 \text{ t/cm}^2 \rightarrow \textcircled{1}$$

∴ at Point (x)

$$M_x = 1 \times 18 = 18 \text{ t} \cdot \text{cm}$$



$$\therefore F_x = \text{الضغط الناتج عن العزم} + \text{الضغط الناتج عن الشد} \\ = \frac{M}{I} \times y + \frac{N}{A} \rightarrow b \times h$$

$$2.25 = \frac{18}{72} \times 3 + \frac{N}{4 \times 6}$$

$$2.25 = 0.75 + \frac{N}{24}$$

$$1.5 = \frac{N}{24}$$

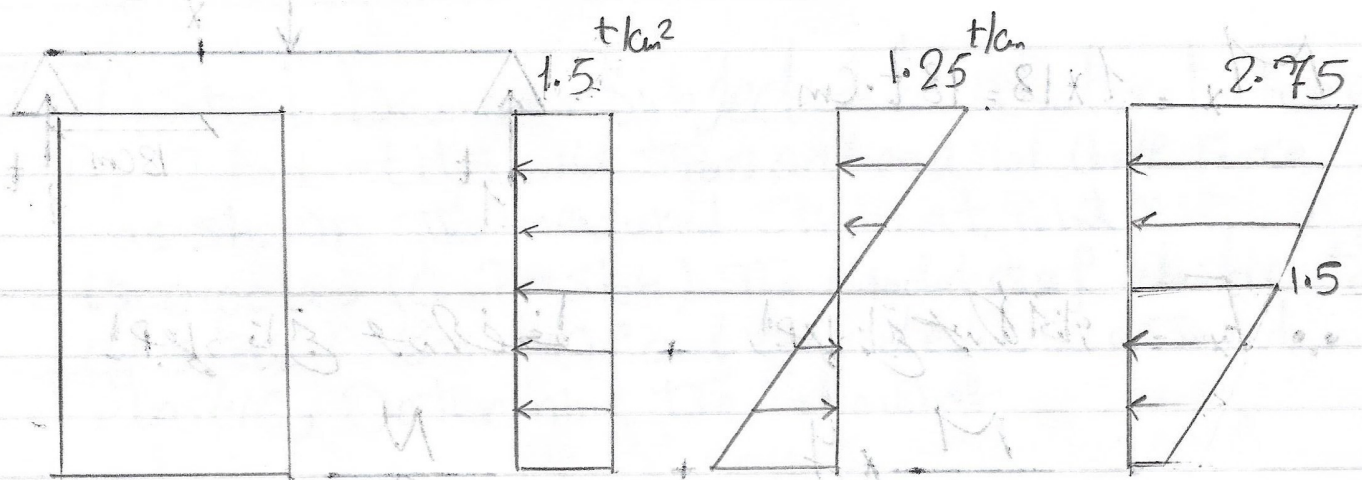
$$\therefore N = 36 \text{ ton} \rightarrow \textcircled{2}$$

at Section 1

$$M = \frac{PL}{4} = \frac{2 \times 60}{4} = 30 \text{ t.Cm}$$

نتیجه N
 $f_{(1-1)} = \frac{N}{A} = \frac{36}{4 \times 6} = 1.5 \text{ t/cm}^2 \text{ (Comp)}$

نتیجه P
 $f_{(1-1)} = \frac{M}{I} \times y = \frac{30 \times 3}{72} = 1.25 \text{ t/cm}^2$

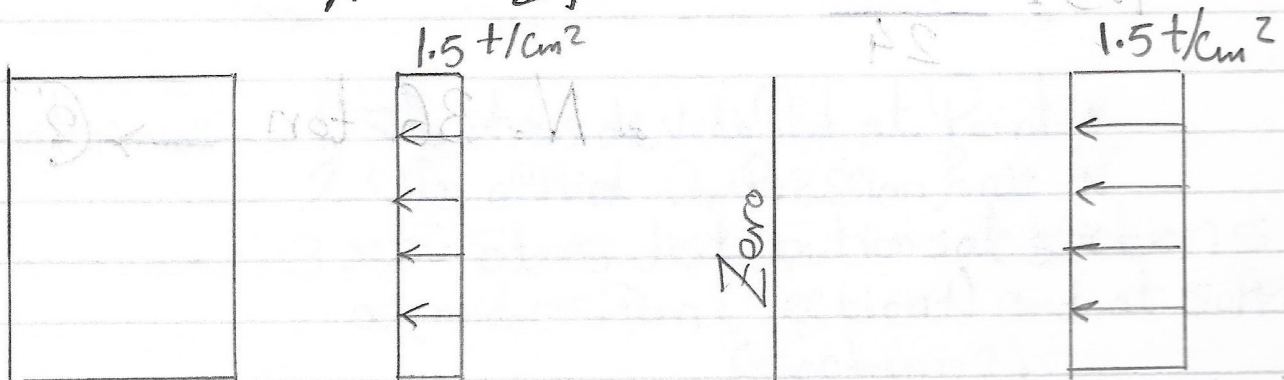


at section 2

$$M = 0.0$$

$$f_{(2-2)} = \frac{N}{A} = \frac{36}{24} = 1.5 \text{ t/cm}^2 \text{ Comp}$$

مركز الوجنه



ضبط

اختلاف

شكل نهائي

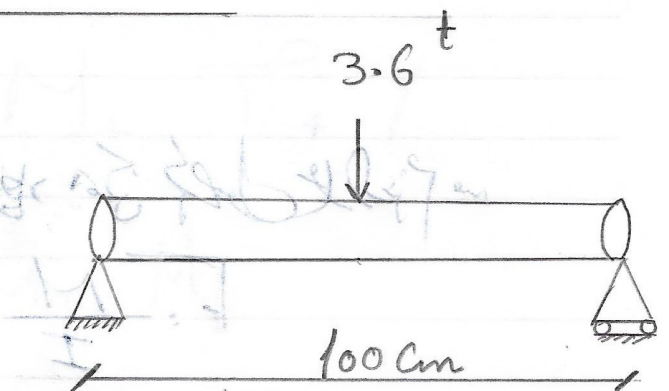
8. Design a simple beam with circular cross section area and with span of 100 cm subjected to 3.6 ton concentrated load applied at mid span if the allowable stress = 1600 kg/cm^2 , and the allowable deflection is 0.5 mm. Know that modulus of elasticity is 2000 t/cm^2

Solution:

$$F_{all} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta_{all} = 0.5 \text{ mm}$$

$$M.O.E = 2000 \text{ t/cm}^2$$



$$E = \frac{P \times L^3}{48 \Delta I}$$

$$2000 = \frac{3.6 \times 100^3}{48 \times 0.05 \times I}$$

$$I = 750 \text{ cm}^4$$

$$M = \frac{P \times L}{4} = \frac{3.6 \times 100}{4} = 90 \text{ t.cm}$$

$$F_{all} = \frac{M}{I} y$$

$$1.6 = \frac{90}{750} y \quad y = 13.33 \text{ cm} = \frac{D}{2}$$

$$\therefore D = 26.67 \text{ cm}$$

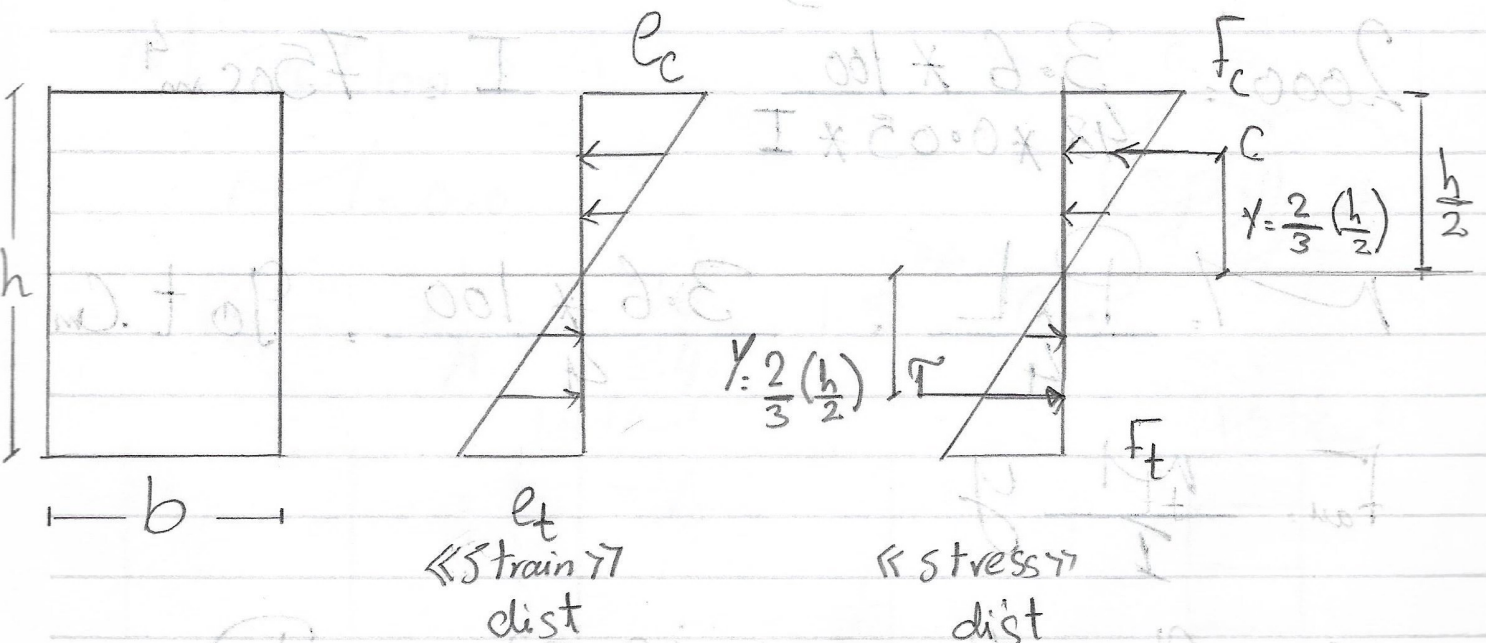
$$A = \frac{\pi}{4} (26.67)^2 = 558.64 \text{ cm}^2$$

الحد الأقصى المرن Moment upper Elastic

* > داخل منطقة المرونة:
 المعلومات لا يمكن الحصول على العزم من خلال قانون

$$F = \frac{M}{I} y$$

خارج منطقة المرونة:
 لا يمكن استخلاص القانون السابق وذلك يتم عمل توزيع الأحمال والاضرابات على القطع للحصول على العزم



Ex: 1

$$\therefore C = \text{مساحة مثلث} + \text{مساحة المربع} \quad b$$

$$= \frac{1}{2} * \left(\frac{h}{2}\right) * (f_c) * b$$

الخزيم لقوى

$$\therefore M_c = C * y \quad y = \frac{2}{3} \left(\frac{h}{2}\right)$$

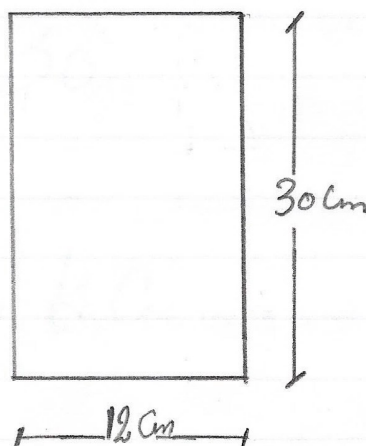
لأنه هناك تماثل $\therefore C = T \quad \therefore M_t = T * y$

$$\therefore M_{\text{total}} = M_c + M_t$$

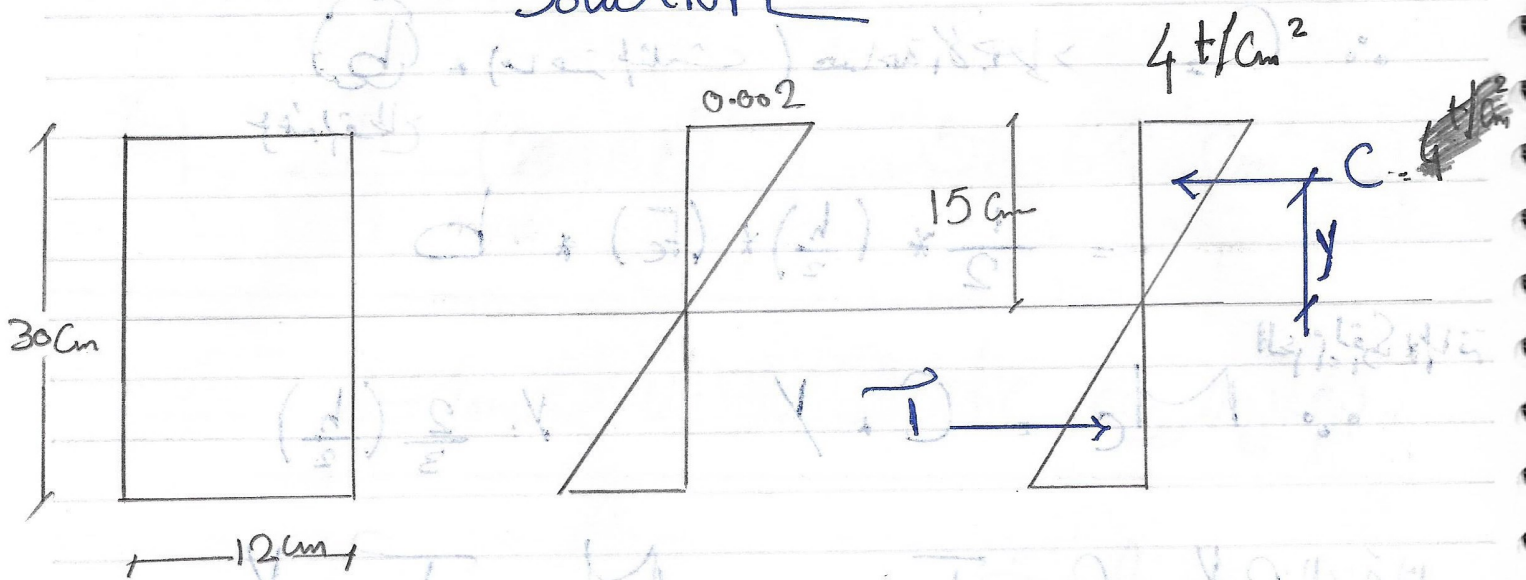
$$M_{\text{total}} = C * y * 2$$

Ex: 1

Find Moment that can be resisted by a steel rectangle cross section of $12 * 30 \text{ cm}$ > Strain = 0.002
Modulus of Elastic = 2000 t/cm^2 (Span = 4 m)



Solution



$$\therefore C = \frac{F}{e} = F \cdot e$$

$$F = 0.002 \times 2000 = 4 \text{ t/cm}^2$$

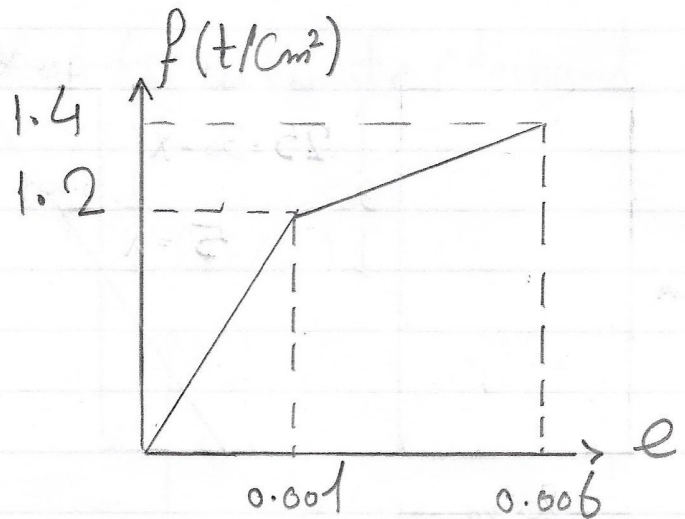
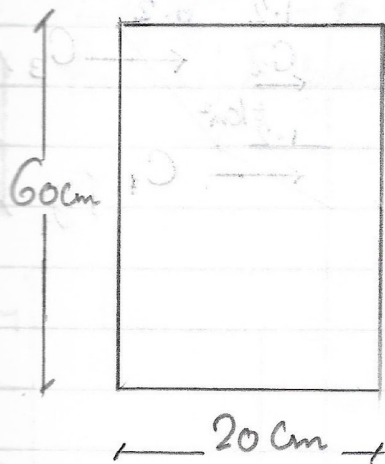
$$C = \frac{1}{2} \times 15 \times 4 \times 12 = 360 \text{ t}$$

$$M = C \times y_c = 360 \times \frac{2}{3} \times 15 = 3600 \text{ t} \cdot \text{cm}$$

$$M_{\text{tot}} = 3600 \times 2 = 7200 \text{ t} \cdot \text{cm}$$

Ex: 1

Find the Elastic Moment and the ultimate moment for the following section.



① Elastic Moment

$$f = \frac{M}{I} y$$

$$I = \frac{20 \times 60^3}{12} = 360000 \text{ cm}^4$$

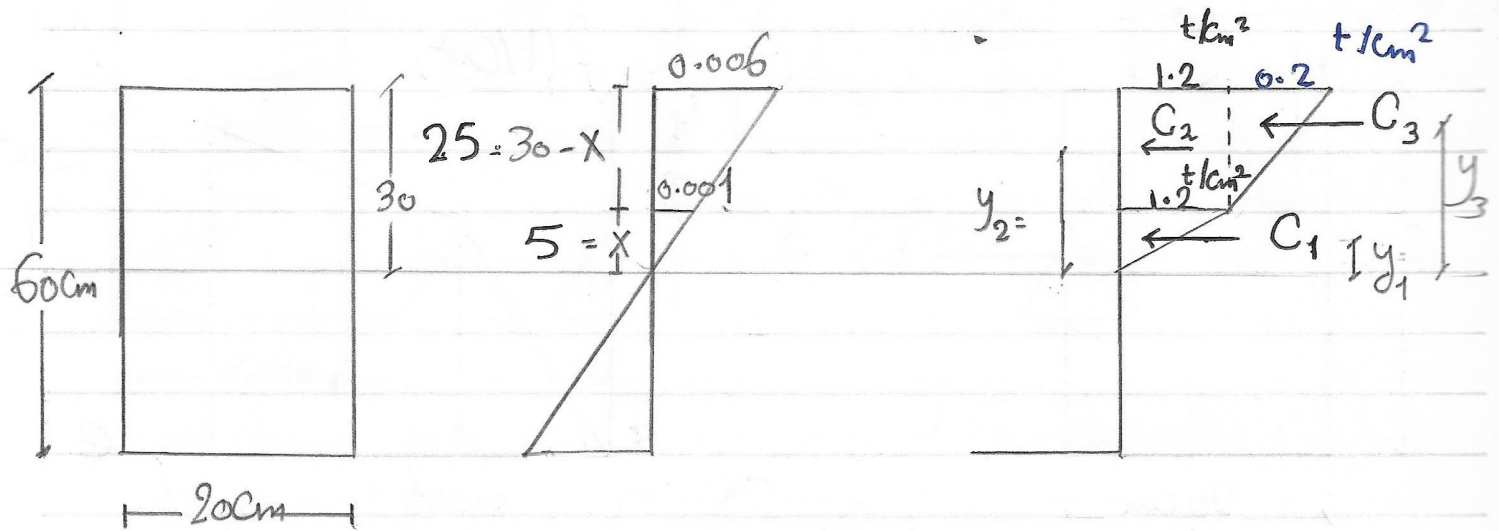
$$y = 30 \text{ cm}$$

$$f_{Pr} = 1.2 \text{ t/cm}^2 \text{ "given"}$$

$$1.2 = \frac{M}{360000} \times 30$$

$$M_e = 14400 \text{ t. cm}$$

2- Ultimate Moment (M_u)



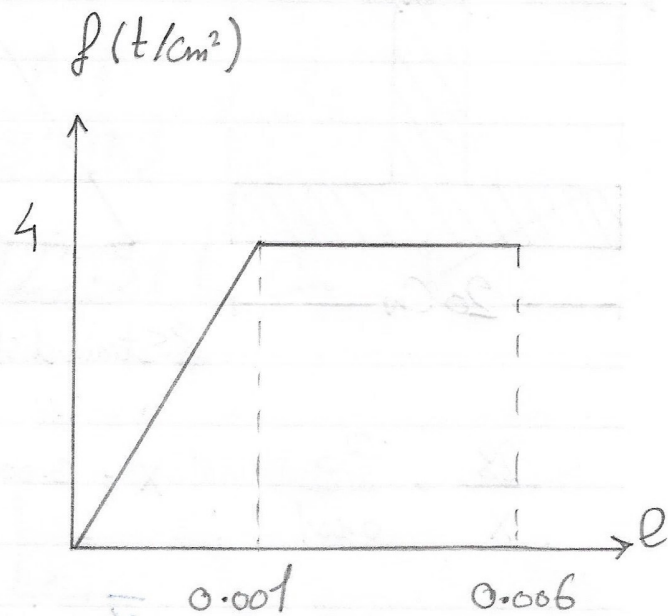
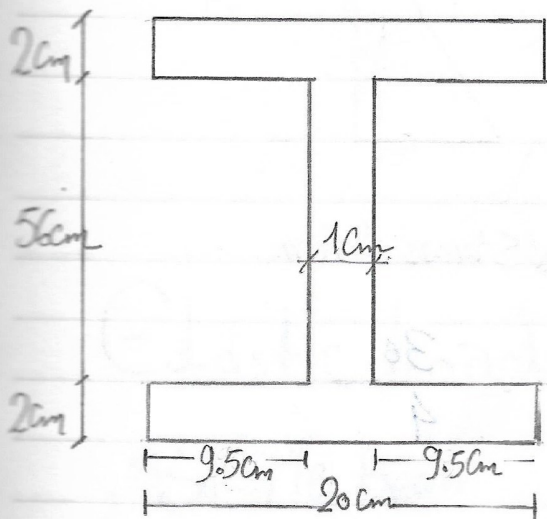
$$\frac{x}{0.001} = \frac{30}{0.006} \Rightarrow x = 5 \text{ cm}$$

Force : C	y_{ct} ذراع الجرم	$M = C \times y_c$ الجرم
$C_1 = \frac{1}{2} \times 1.2 \times 5 \times 20$ $= 60 \text{ ton}$	$y_{ct1} = \left[\frac{2}{3} \times 5 \right] \times 2$ $= 6.67 \text{ cm}$	$M_1 = 60 \times 6.67 =$ $402 \text{ t} \cdot \text{cm}$
$C_2 = 25 \times 1.2 \times 20 = 600 \text{ ton}$	$y_{ct2} = \left[\frac{25}{2} + 5 \right] \times 2$ $= 35 \text{ cm}$	$M_2 = 600 \times 35 =$ $21000 \text{ t} \cdot \text{cm}$
$C_3 = \frac{1}{2} \times 25 \times 0.2 \times 20$ $= 50 \text{ ton}$	$y_{ct3} = \left[\frac{2}{3} \times 25 + 5 \right] \times 2$ $= 43.3 \text{ cm}$	$M_3 = 50 \times 43.3 =$ $2165 \text{ t} \cdot \text{cm}$

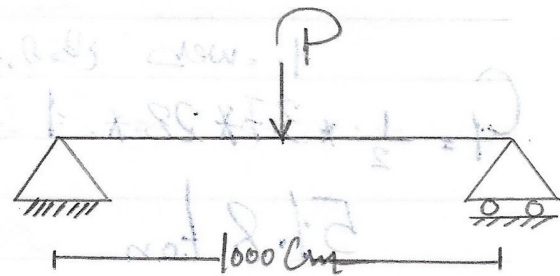
$$M_u = \sum M = 23567 \text{ k.Cm}$$

Ex: 2

Find the Elastic Moment and the ultimate Moment for The Following section:.



- Determine Elastic Load (Proportional Load) and the ultimate Load if beam a simple beam

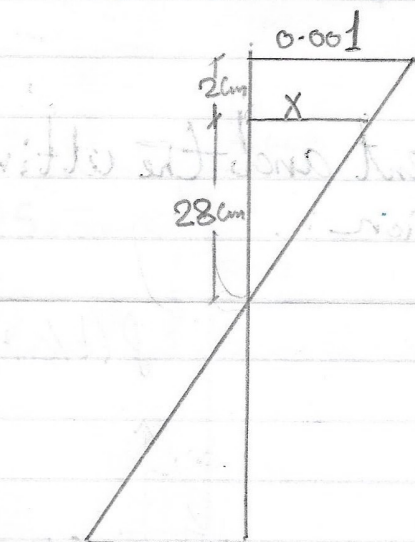
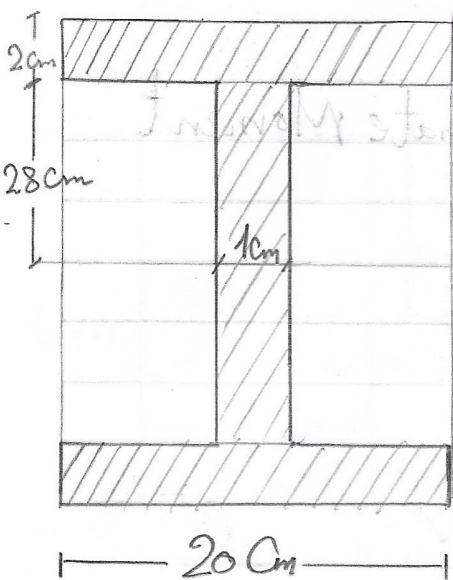


Flange & web

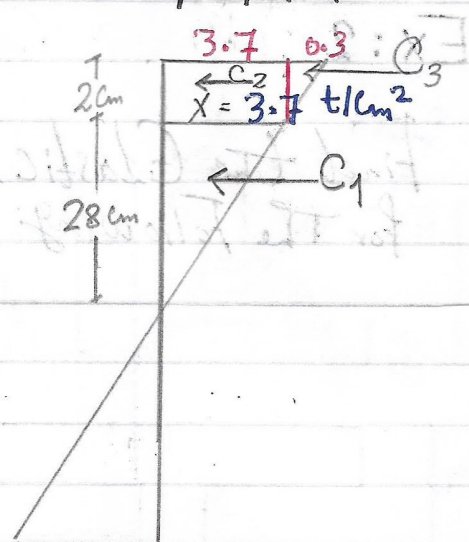
$$= 7.85 \times 2 = 15.7 \text{ cm}^2$$

(i) Elastic Moment "Proportional Limit Moment"

$$F = 4 \text{ t/cm}^2$$



« Strain dist. »



« Stress dist »

$$\frac{28}{X} = \frac{30}{0.001}$$

$$X = 0.0009$$

$$\frac{28}{\bar{X}} = \frac{30}{4}$$

$$\bar{X} = 3.7 \text{ t/cm}^2$$

Force = area * stress

y_{ct} = distance

$M = C \cdot y_{ct}$

1 = web (middle part)

$$C_1 = \frac{1}{2} \times 3.7 \times 28 \times 1 = 51.8 \text{ ton}$$

$$y_{ct1} = \left[\frac{2}{3} \times 28 \right] \times 2 = 37.3 \text{ cm}$$

$$M_1 = 51.8 \times 37.3 = 1932.14 \text{ t.cm}$$

$$C_2 = 3.7 \times 20 \times 2 = 148 \text{ ton}$$

$$y_{ct2} = \left[\frac{2}{2} + 28 \right] \times 2 = 58 \text{ cm}$$

$$M_2 = 148 \times 58 = 8584 \text{ t.cm}$$

$$C_3 = \frac{1}{2} \times 2 \times 0.3 \times 20 = 6 \text{ ton}$$

$$y_{ct3} = \left[\frac{2}{3} \times 2 + 28 \right] \times 2 = 58.7 \text{ cm}$$

$$M_3 = 6 \times 58.7 = 352.2 \text{ t.cm}$$

$$M_e = \Sigma M = 10868.34 \text{ t.cm} \quad \checkmark$$

Another way

با استفاده از قانون هریوت

$$I = \frac{20 \times 60^3}{12} - 2 \times \frac{9.5 \times 56^3}{12} = 81941.3 \text{ cm}^4$$

$$\sigma = \frac{M}{I} y \quad \therefore \frac{M}{81941.3} \times 30$$

$$M = 10925.51 \text{ t.cm} \quad \checkmark$$

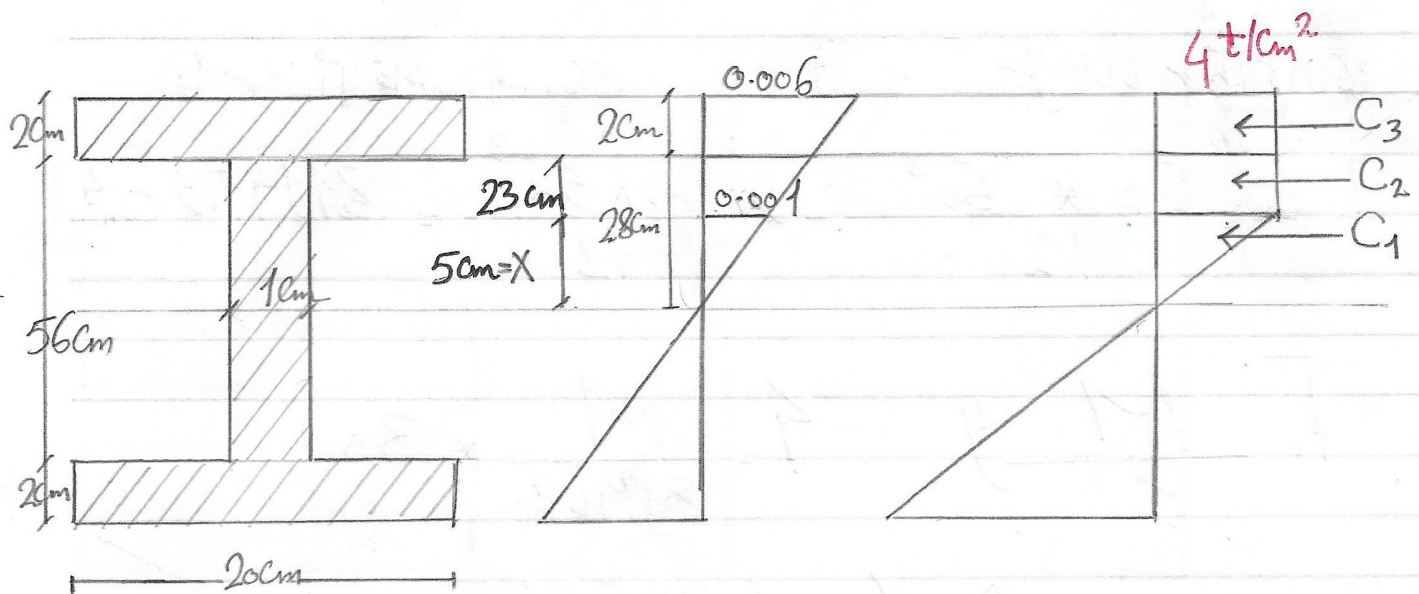
Elastic Load

Simple beam $M_e = \frac{P_e \times L}{4}$

$$10925.51 = \frac{P_e \times 1000}{4}$$

$$P_e = 43.7 \text{ ton}$$

2) Ultimate moment (M_u)



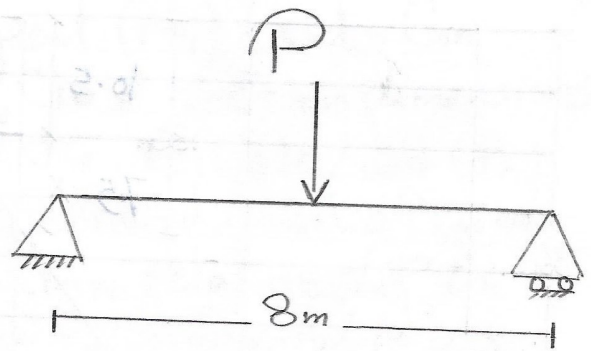
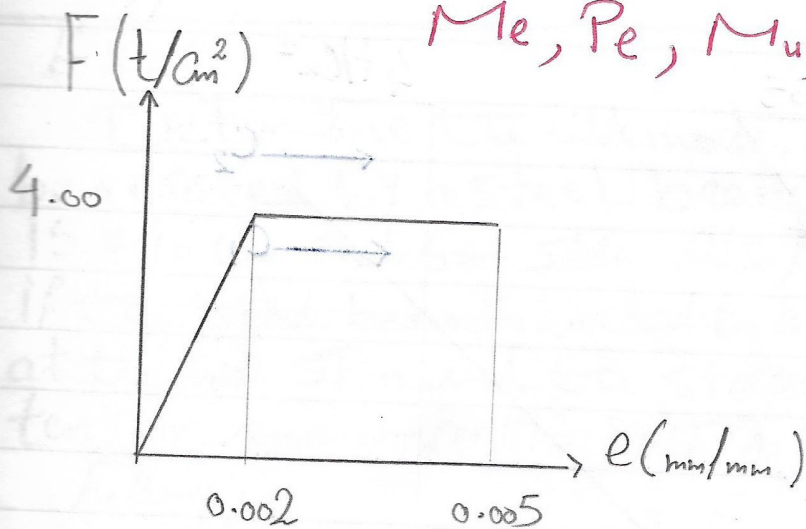
$$\frac{X}{0.001} = \frac{30}{0.006} \quad X = 5 \text{ cm}$$

Forces = $\text{stress} \times \text{area}$	y_{ct} = $\text{distance from centroid to neutral axis}$	$M = C \times y_{ct}$
$C_1 = \frac{1}{2} \times 4 \times 5 \times 1 = 10 \text{ ton}$	$y_{ct1} = \left[\frac{2}{3} \times 5 \right] \times 2 = 6.67 \text{ cm}$	$M_1 = 10 \times 6.67 = 66.7 \text{ t.cm}$
$C_2 = 23 \times 4 \times 1 = 92 \text{ ton}$	$y_{ct2} = \left[\frac{23}{2} + 5 \right] \times 2 = 33 \text{ cm}$	$M_2 = 92 \times 33 = 3036 \text{ t.cm}$
$C_3 = 2 \times 4 \times 20 = 160 \text{ ton}$	$y_{ct3} = \left[\frac{2}{2} + 28 \right] \times 2 = 58 \text{ cm}$	$M_3 = 160 \times 58 = 9280 \text{ t.cm}$
		$M_{ut} = 12382.7 \text{ t.cm}$

Ex: 3

Determine the elastic and ultimate moment that can be resisted by a steel beam of cross section dimensions 18×36 cm and 8 m span. Also find the elastic and ultimate load. if the steel beam is subjected to a concentrated load applied at the mid span and the stress strain relationship in tension and compression of the beam's material is as follows

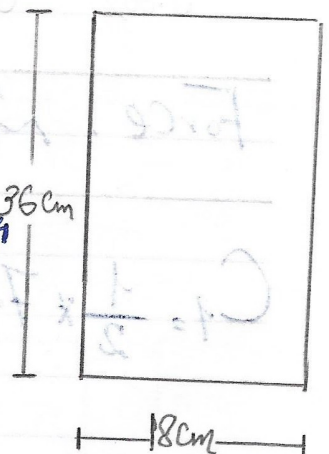
M_e, P_e, M_u, P_u



1. Elastic Moment (Proportional)

$$F = \frac{M_e}{I} y \quad y = \frac{36}{2} = 18 \text{ cm}$$

$$4 = \frac{M_e \times 18}{69984} \quad I = \frac{18 \times 36^3}{12} = 69984 \text{ cm}^4$$

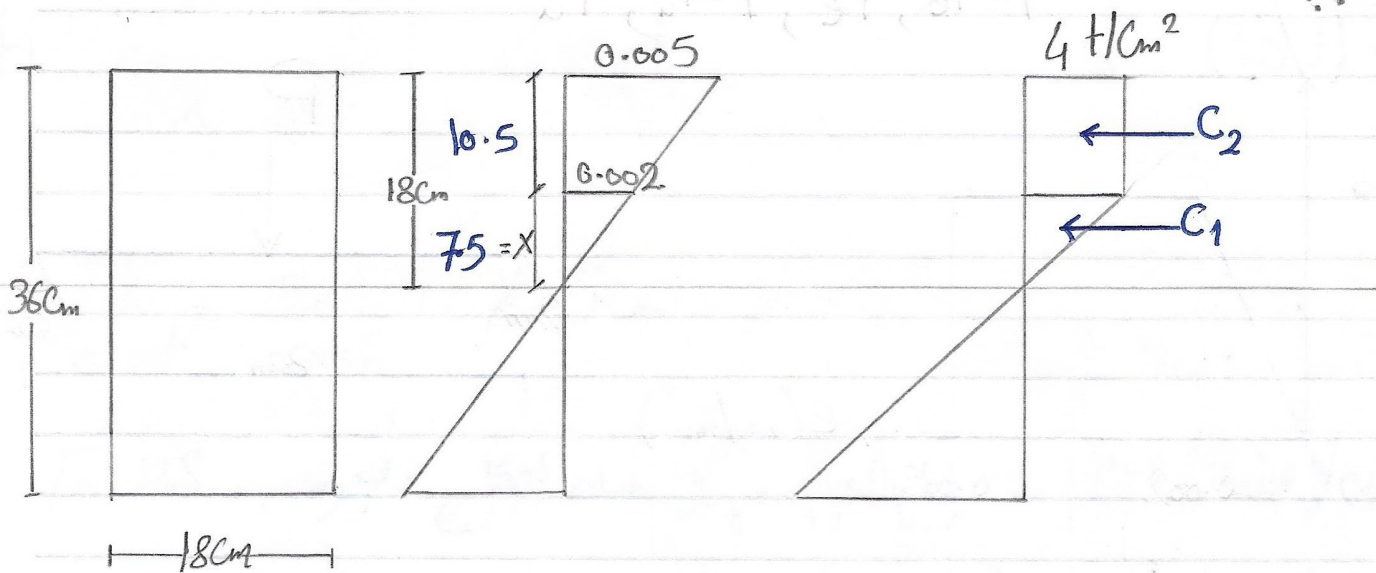


$$M_e = 15552 \text{ t.cm} \checkmark$$

$$\therefore M = \frac{P_e \cdot L}{4} \quad \text{"Simple beam"}$$

$$15552 = \frac{P_e \cdot 800}{4} \quad P_e = 77.76 \text{ ton} \quad \checkmark$$

2 - Ultimate Moment (M_u)



$$\frac{X}{0.002} = \frac{18}{0.005} \quad X = 7.5 \text{ cm}$$

Force : قوة	y_{ct} : مسافة	$M = C \cdot y_{ct}$
$C_1 = \frac{1}{2} \times 7.5 \times 4 \times 18 = 270 \text{ ton}$	$y_{ct1} = \left[\frac{2}{3} \times 7.5 \right] \times 2 = 10 \text{ cm}$	$M_1 = 270 \times 10 = 2700 \text{ t.cm}$
$C_2 = 10.5 \times 4 \times 18 = 756 \text{ ton}$	$y_{ct2} = \left[\frac{10.5}{2} + 7.5 \right] \times 2 = 25.5 \text{ cm}$	$M_2 = 756 \times 25.5 = 19278$

$$\sum M = M_u = M_1 + M_2 = 21978 \text{ t.Cm} \checkmark \checkmark$$

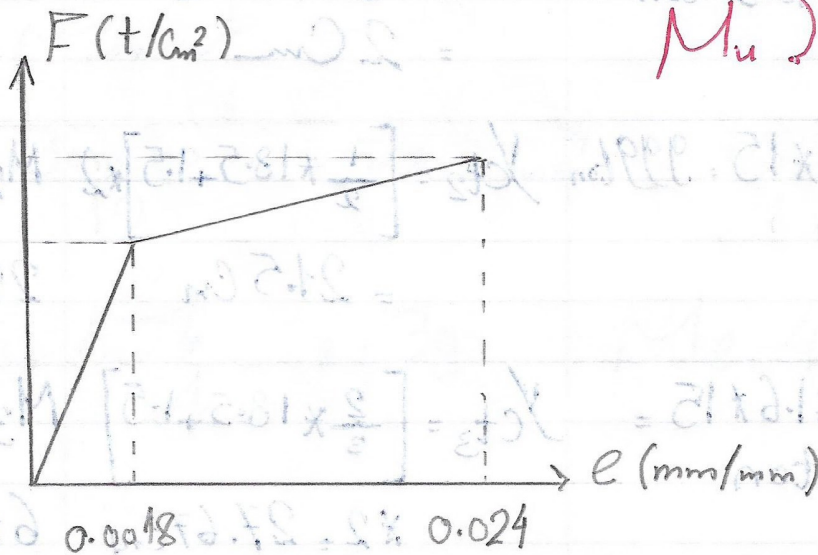
$$\therefore M = \frac{P_u \times L}{4}$$

$$21978 = \frac{P_u \times 800}{4}$$

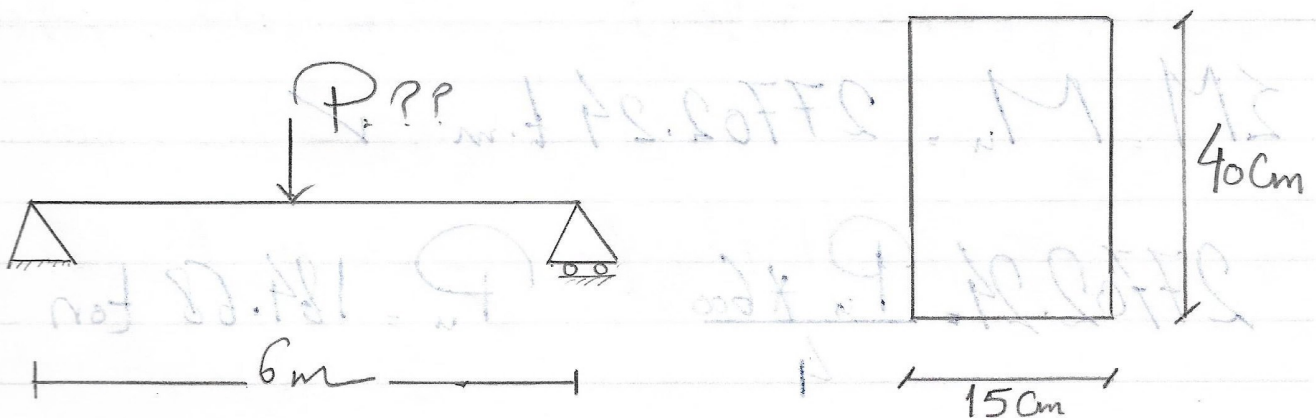
$$\therefore P_u = 109.89 \text{ ton}$$

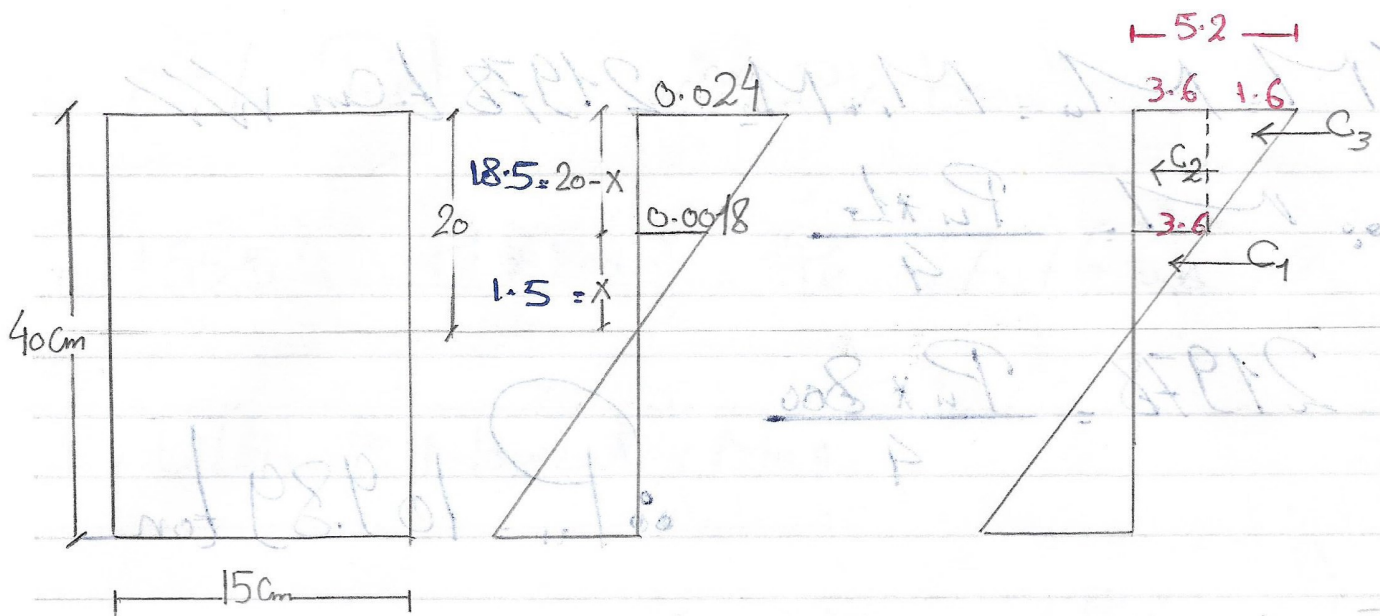
Ex: 4

Determine the ultimate moment (M_u) that can be resisted by a steel beam of cross section dimensions $15 \times 40 \text{ cm}$ and 6 m span. Also find the ultimate load (P_u) if the steel beam subjected to a concentrated load applied at the mid span and the stress strain relationship in tension and compression of the beam's material is as follows:



M_u) P_u ??





$$\frac{x}{0.0018} = \frac{20}{0.0024} \quad x = 1.5 \text{ cm}$$

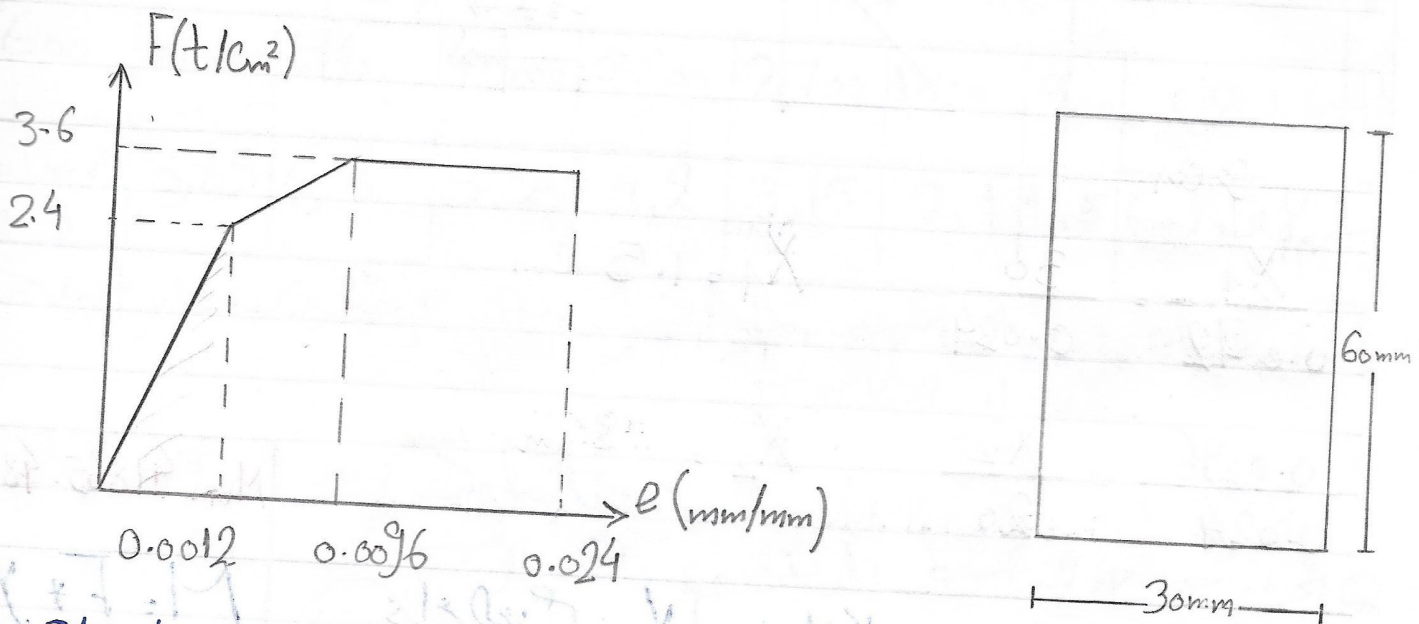
Force. نقطة	y_{ct} ذراع العزم	$M = F \times y_{ct}$
$C_1 = \frac{1}{2} \times 1.5 \times 3.6 \times 15 = 40.5 \text{ ton}$	$y_{ct1} = \left[\frac{2}{3} \times 1.5 \right] \times 2 = 2 \text{ cm}$	$M_1 = 40.5 \times 2 = 81 \text{ t.cm}$
$C_2 = 18.5 \times 3.6 \times 15 = 999 \text{ ton}$	$y_{ct2} = \left[\frac{1}{2} \times 18.5 + 1.5 \right] \times 2 = 21.5 \text{ cm}$	$M_2 = 999 \times 21.5 = 21478.5 \text{ t.cm}$
$C_3 = \frac{1}{2} \times 18.5 \times 1.6 \times 15 = 222 \text{ ton}$	$y_{ct3} = \left[\frac{2}{3} \times 18.5 + 1.5 \right] \times 2 = 27.67 \text{ cm}$	$M_3 = 222 \times 27.67 = 6142.74 \text{ t.cm}$

$$\sum M. M_u = 27702.24 \text{ t.m} \quad \checkmark$$

$$27702.24 = \frac{P_u \times 600}{4} \quad P_u = 184.68 \text{ ton}$$

Ex: 5

Determine the Maximum elastic moment (M_e) and the ultimate moment (M_u) that can be resisted by a steel beam of Cross section dimensions $30 \times 60 \text{ mm}$ knowing that the ~~cross~~ Stress Strain relationship of the beam's material is as follows:



1) Elastic Moment

$$I = \frac{30 \times 60^3}{12} = 540000 \text{ cm}^4 = 54 \text{ cm}^4$$

$$2.4 = \frac{M_e}{540000} \times 30 \quad M_e = 43,200 \text{ t} \cdot \text{cm}$$

Ex:6

جامعة القاهرة

كمبرج من الحديد الزهر ذات مقطع مربع طول قاعدته 6cm اختبرت
في اختبار الانحناء تحت حمل مركزي منتصف بحرهما وقاعدتي ارتكازهما
البعدين بينهما 80cm طرازات قراءات الأحمال والأخفاف المنخفضة
المناسبة خلال الاختبار كما يلي

الحمل (kg)	900	1800	2700	3600	4500	5400	6300	6600
سم الأثناء (mm)	1,05	2,1	3,15	4,2	5,25	6,8	8,85	10,9
Failure								10.9

المسألة: ايجاد نسبة التشوه - معايير الكسر - معايير الرجوعية - معايير التوتت
معايير التشوهات

Solution:

1- تحديد حمل التشوه بطريقتين ① بار ٢ م

$$857.17 = \frac{4500}{5,25} = \frac{3600}{4,2} = \frac{2700}{3,15} = \frac{1800}{2,1} = \frac{900}{1,05} \quad \text{② تقسيم}$$

$$\therefore P_{Pr} = 4500 \text{ Kg}$$

$$1 - M = \frac{PL}{4} = \frac{4500 \times 80}{4} = 90000 \text{ Kgcm}$$

$$\checkmark I = \frac{h^4}{12} = \frac{6^4}{12} = 108 \text{ cm}^4$$

$$\checkmark y = 3 \text{ cm}$$

$$\sigma_{Pr} = \frac{90000}{108} \times 3 = 2500 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \text{①}$$

2. Modulus of Rupture

$$M_u = \frac{P_u \times L}{4} = \frac{6600 \times 80}{4} = 132000 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Modulus of Rupture} = \frac{M_u}{I} y$$

$$= \frac{132000}{108} \times 3 = 3666.67 \text{ kg/cm}^2$$

3. Modulus of Resilience = $\frac{R}{V}$

$$R = \frac{1}{2} \times P_r \times \Delta P_r = \frac{1}{2} \times 4500 \times 0.525 = 1181.25 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$A = 6 \times 6 = 36 \text{ cm}^2 \quad L = 80 \text{ cm}$$

$$\text{Modulus of resilience} = \frac{1181.25}{2880} = 0.41 \text{ kg/cm}^2$$

$$4. \text{M.O.E} = \frac{PL^3}{48 \Delta I} = \frac{800 \times 80^3}{48 \times 0.105 \times 108} = 846560.81 \text{ kg/cm}^2$$

5. Modulus of toughness = $\frac{T}{V}$

$$T = \frac{1}{2} \times 4500 \times 0.525 + 4500 \left(\frac{1.09 - 0.525}{0.525} \right) +$$

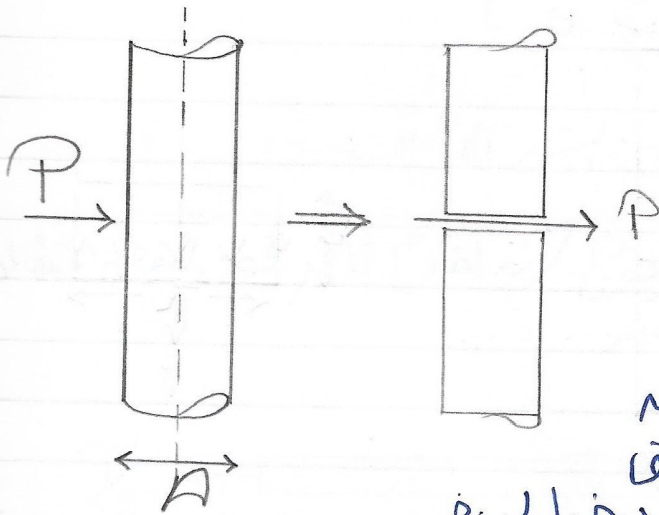
$$\frac{2}{3} (6600 - 4500) (1.09 - 0.525) = 4514.75 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Modulus of toughness} = \frac{4514.75}{2880} = 1.568 \text{ kg/cm}^2$$

الباب الخامس: سلوك المواد تحت تأثير لقمة الانحناء

تعتبر مقاومة المواد للقمة مسألة ضرورية وهامة في تصميم المنشآت وعناصرها مثل الوصلات المبرشمة (Riveted jointed) والوصلات الملحومة (welded jointed) والحمرات المعدنية والخرسانية. وتظهر أهمية القمة في انه مقاومة القمة هي التي تتحكم في مقاومة مواد الطويلة لقوى الشد كذلك في مقاومة المواد القصية لقوى الضغط. حيث تبين في الاواب السابقة انه كسر المواد تحت قوى الشد او الضغط يكون في اغلب الأحيان تحت تأثير قوى القمة من مقطع.

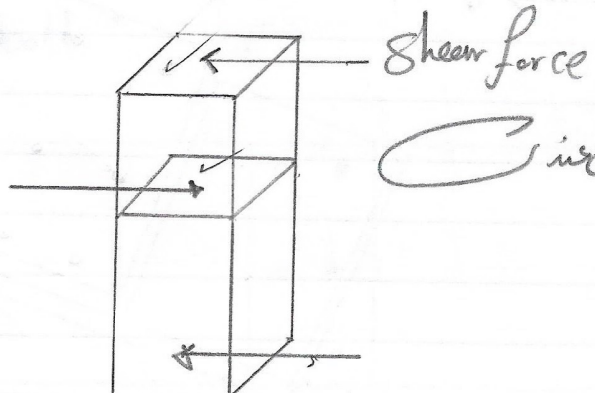
تعريف لقمة: هو حالة انزلاق جزئية من المادة على جانب يستعرضه معين على باقي المادة الواقعة على الجانب الآخر من ~~المقطع~~ المقطع. ويكون ذلك نتيجة تأثير قوى لقمة او تأثير عزوم الالتواء. والقوى التي تسبب لقمة تؤثر في الاتجاه موازي للمساحة الحادث عليها القمة وعصودية مع الاتجاه المحوري.



- ويسمى القمة بالقمة المباشرة في حالة التأثير بقوى الضغط أو الشد

- ويسمى بقمة الانحناء في حالة التأثير بعزوم الانحناء

- ويسمى بالقمة الالتواء في حالة القمة الجالصة تحت تأثير عزوم الالتواء وتسبب الانزلاق لقاع المستعرضة للحيث المختبرة على بعضها البعض. غير مصحوبة بعزوم الانحناء كما في حالة لقمة المباشرة.



قوى موازي للسطح التي عند

Direct Shear: أولاً: القصر المباشر:

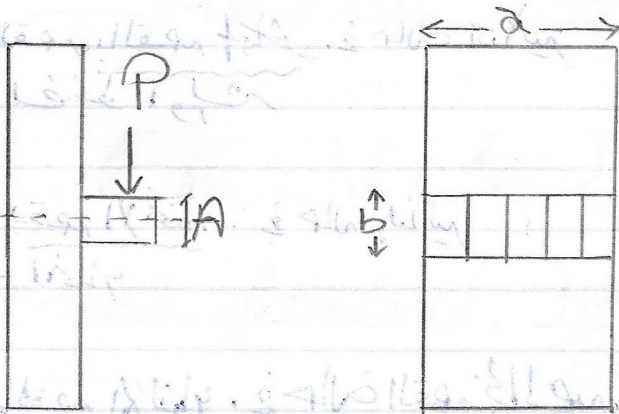
القصر المفرد
Single Shear

القصر المزدوج
Double Shear

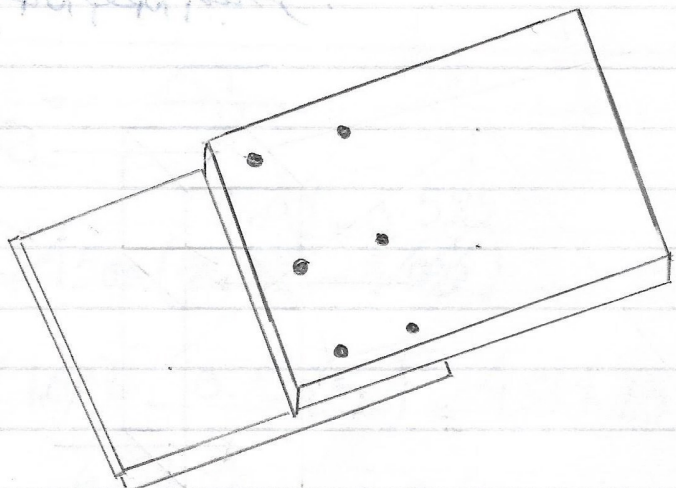
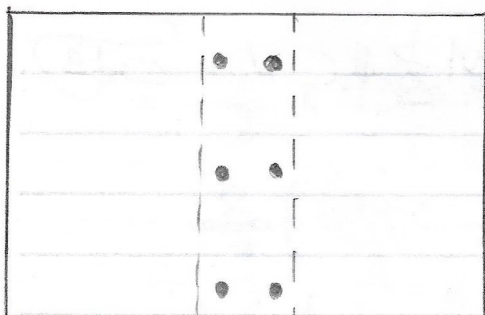
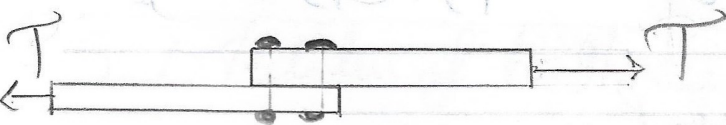
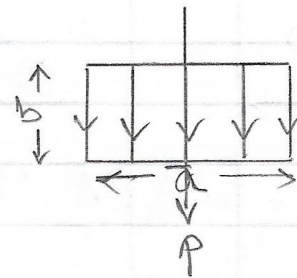
القصر لثاقب
Punching Shear

١. القصر المفرد: يسمى القصر المفرد بذلك لأنه قوى القصر تؤثر على مقطع مستعرض واحد فقط من الأجنحة المختصرة وإجمالي القصر يساوي

$$\tau \text{ «shear stress»} = \frac{P}{A} = \frac{Q}{A}$$



(1)





شكل التثبيت الكسري

ن:

القوة المتوسطة
لواحد

$$P_{bolt} = \frac{T}{n}$$

$$\frac{P}{A} = \frac{P}{A}$$

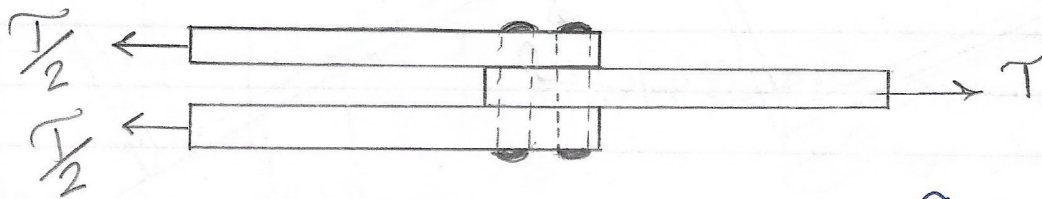
$$q_r = \frac{P_{bolt}}{A}$$

ultimate stress A : هنا هو الواحد

$$q_{rav} = \frac{q_u}{F.O.S.} \rightarrow q_u = \frac{F_u}{A} \rightarrow 0.8$$

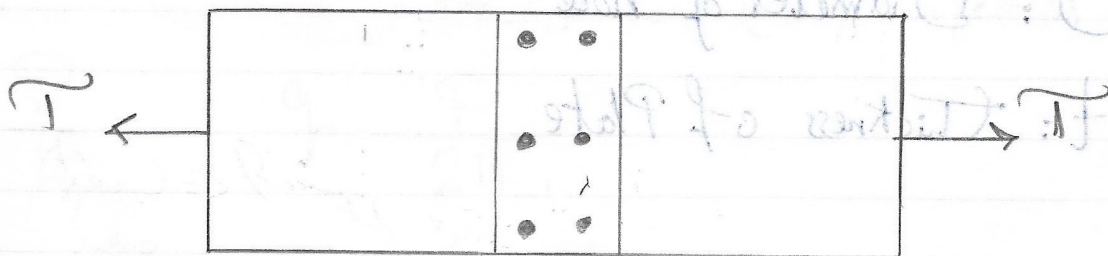
مقاومة القم تؤخذ كنسبة من مقاومة الشد F_u

٢. القم المزدوج : يسمى بالقم المزدوج لأنه يقاوم تأثير قوى القم بمقتضى مستعرضان من العينات أو الجسم المختبر .



$$P_{bolt} = \frac{T}{n}$$

$$\therefore q = \frac{P_{bolts}}{2A}$$



٣. القمم الشاقب: عندما تتعرض عينات لقوة ضغط لكي تحدث تلك العينات ثقب حاد هذه العينات تنكسرت تأثير إجهاد

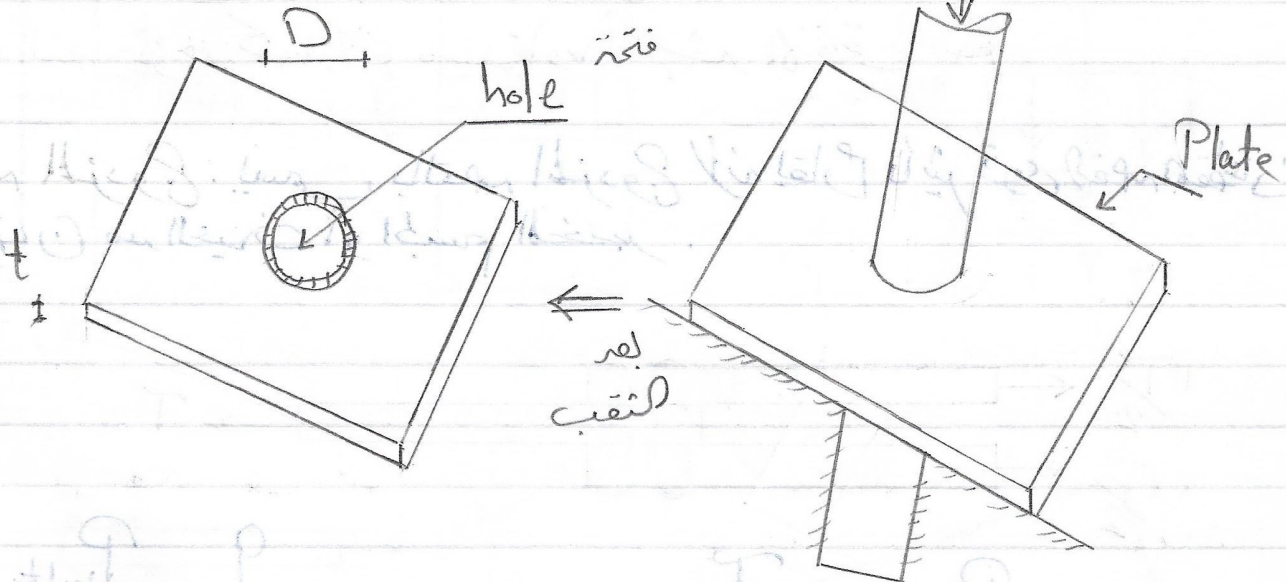
⑦ إجهاد ضغط: يؤثر على مساحة المقطع المحملة ويساوي

$$F = \frac{P}{A} = \frac{P}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

⑧ إجهاد القمم: يؤثر على مساحة الجانبة لمحيط مقطع التأثير (الاجزاء الجانبة للقمة المنقوب) ويسمى إجهاد القمم الشاقب

$$q = \frac{P}{\text{Side Area}} = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot t}$$

ويساوي



D: Diameter of hole

t: Thickness of Plate

الثقب ← الشقوق

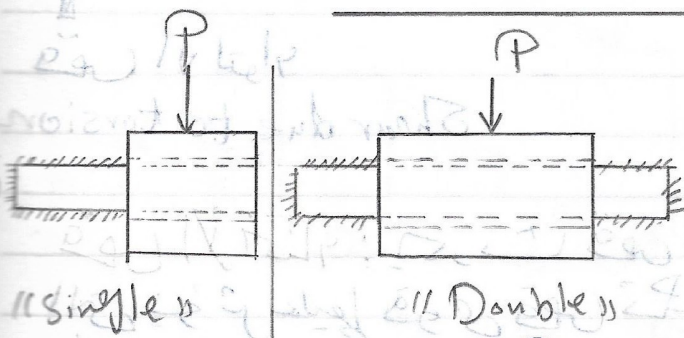
اختبار القصر المباشر

اختبار القصر المباشر للمعادن لا يتم عليه لخواصها
لنقائس كاختبار قبول أو رفض مواد **الأ** في بعض الحالات خاصة مثل
المعادن التي تعمل في المنشآت كمسامير برشام أو كاداس لومل أجزاء المنشآت
والأكينات و يقع عليها قصر مفرد أو قصر مزدوج وذلك **لأن** المعادن
وخصوصاً المطيلة منها يكتف فيهما باختبار الشد لتحسين خواصها
به وقت وهذا **لأن** كسر المعدن في الشد بسبب ضعفه في تحمل لقصر أي أنه
مقاومة الشد للمعادن المطيلة تستخدم للمقارنة بين معادن عند مقاومة القصر
حيث أنه مقاومة معادن المطيلة للقصر أقل من مقاومتها للشد وتساوي
حوالي (0.8) من مقاومتها للشد $F_u > q_u$ $q_u = 0.8 F_u$
المعادن المطيلة قوى في الشد لكن إلى بكتها قوى لقصر.

أما للمعادن القصفة ضعيفة في مقاومات الشد عند مقاومة القصر. حيث
أن المواد لقصفه تنكسر عند قوى شد **لأن** مقاومتها تلك المواد للقصر
تساوي حوالي (1.3) من مقاومتها للشد $q_u = 1.30 F_u$

لذلك فإنه ليس به الضروري إجراء اختبار اختيار لقصر على المواد لقصفه
ويمكن إجراء اختبار لقصر مباشر للمواد المعنوية المطيلة بتعريف
العينات لقوى شد أو ضغط تسبب فيها قصر مباشر مفرد أو مزدوج
أو ثاقب

خطوات الاختبار



١- يتم تثبيت العينات على حصة الاختبار
فردى أو مزدوج

٢- يتم التأثير بجل حتى كسر العينة وتسجل حمل الكسر «P»

٣- يتم حساب الأحمال «q» بحسب نوع لقصر

$$q = \frac{P}{A}$$

مفرد

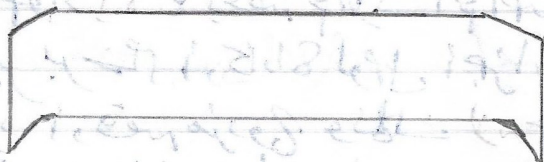
$$q = \frac{P}{2A}$$

مزدوج

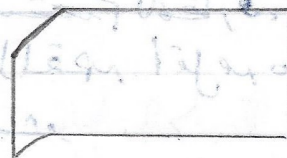
شكل الكسر

Double

قطاع طولي

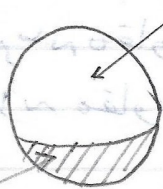


Single



Smooth

أملس



Rough

خشنة

Indirect Shear

ثانياً: القص الغير مباشر:

قص الانحناء

Shear due to Bending

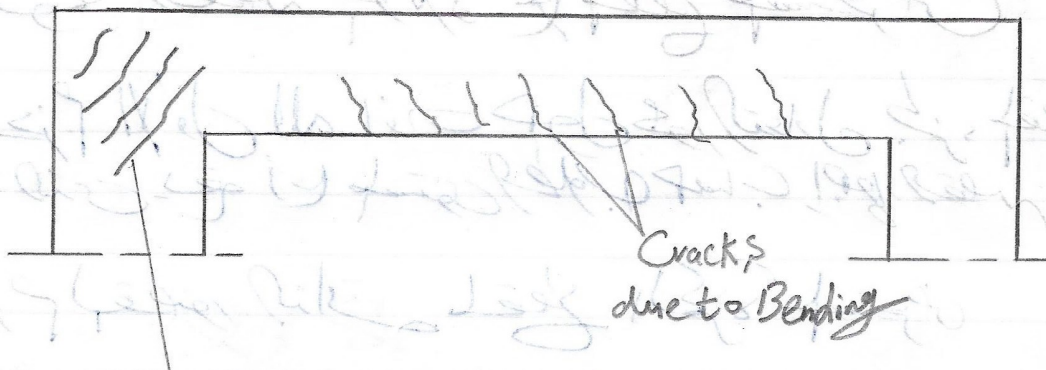
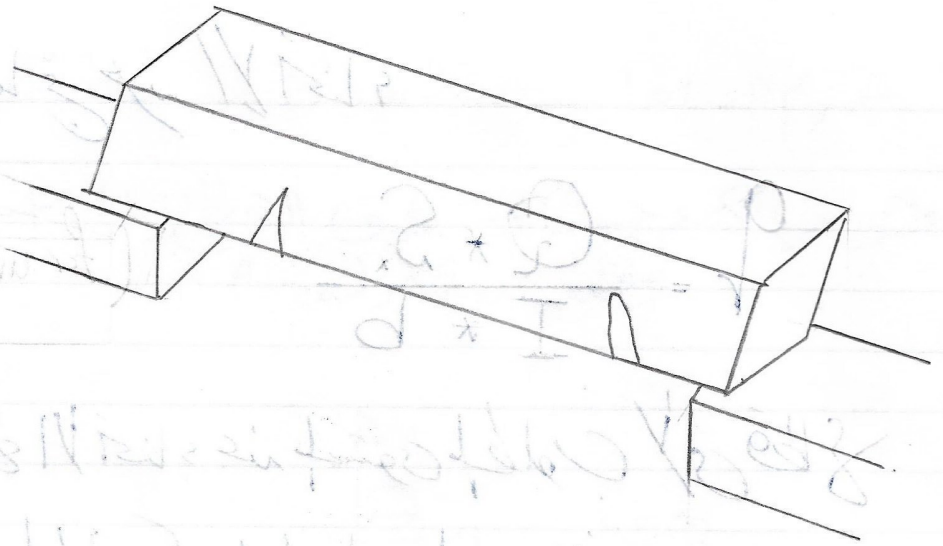
قص الالتواء

Shear due to torsion

قص الانحناء: يحدث قص الانحناء بالحركات او الحملات الانشائية التي يؤثر عليها قوى قص تكون محبوبة بحزم الانحناء لذلك عازا حملت محركة بالحملات تسبب فيها انحناء طوله الى مقطع مر مقابل هذه الحركة يكون عرضاً لتأثير عزم الانحناء (M) وقوى قص (Q)

$$\frac{Q}{A}$$

$$\frac{Q}{A}$$



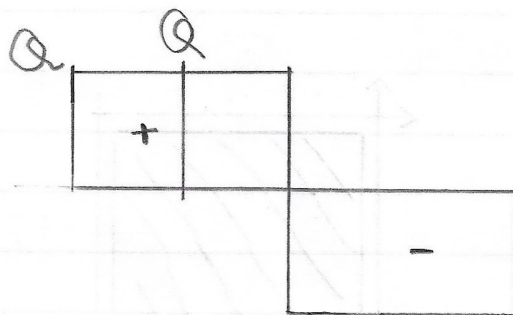
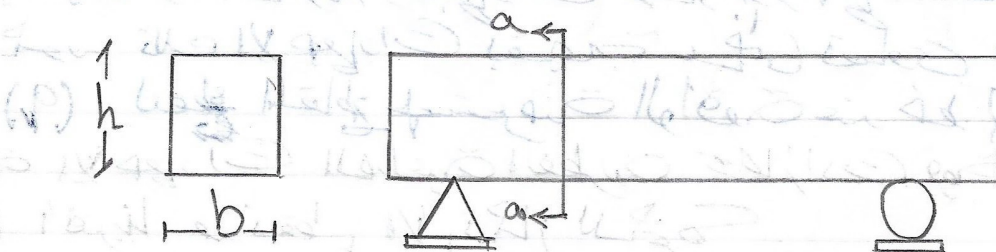
Cracks due to shear

آثار شیب در اطراف

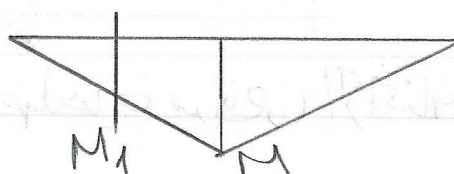
نتیجه حرکت قوسه از Shear قوسه

الضغ و بزرگ انبساطی از Moment

وتشعشع از Diagonal tension



S.F.D



B.M.D

١. مقدار القوس الناتج عند الأحماء

$$q = \frac{Q * S_x}{I * b} \quad (\text{for uncracked sec})$$

١. مقدار القوس في الأحماء عند مستوى الجيوب لأي قطاع

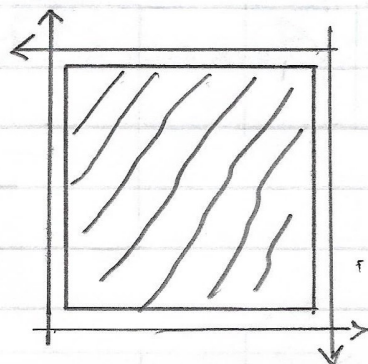
Q : قوة القوس المؤثرة على القطاع المستعرض

S : الحزم الأول للمسافات حول محور التعادل جزئياً، قطاع مستعرض للكرة الذي يقع على مستوى وطول حساب إجهاد القوس عند S

I : عزم القصور الذاتي لمقطع الكرة المستعرض

b : عرض القطاع عند مستوى الجيوب

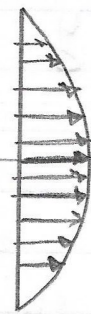
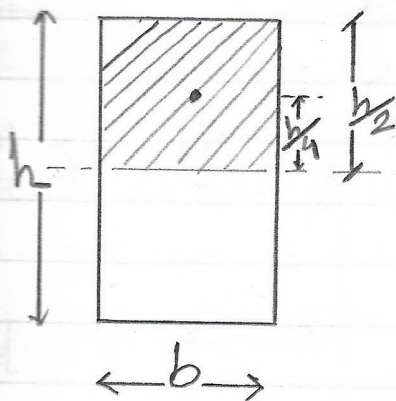
• ويلاحظ أنه القوس الناتج من الأحمال مسببة للأحماء يولد إجهادات ضاغطة قطرية بالكمرات وهي خياره على الإجهادات الرئيسية وقد تكون إجهادات شد أو إجهادات ضغط وتكون تلك الإجهادات بقيمتها أعلى قيمت قوس الأحماء (q) لتعطي المقاطع المستعرضة الواقعة عند كل تعادل، وتجبر قيمة الإجهادات الضاغطة القطرية كما زادت قوة (q) أي كلما اقتربنا من نقطة الارتكاز للكرة.



إجهادات ضاغطة مرقية للأحماء

عزم لاحتواء " S_x " Moment of Area

هو عزم لاحتواء فوق القطر لاحتواء الأجزاء
 حول محور لاحتواء " N.A "



$$q_{max} = \frac{1.5 Q}{A}$$

$$A = bd$$

$$q_{max} = \frac{Q * S_x}{I * b}$$

$$S_x = \text{عزم لاحتواء الأجزاء حول محور لاحتواء}$$

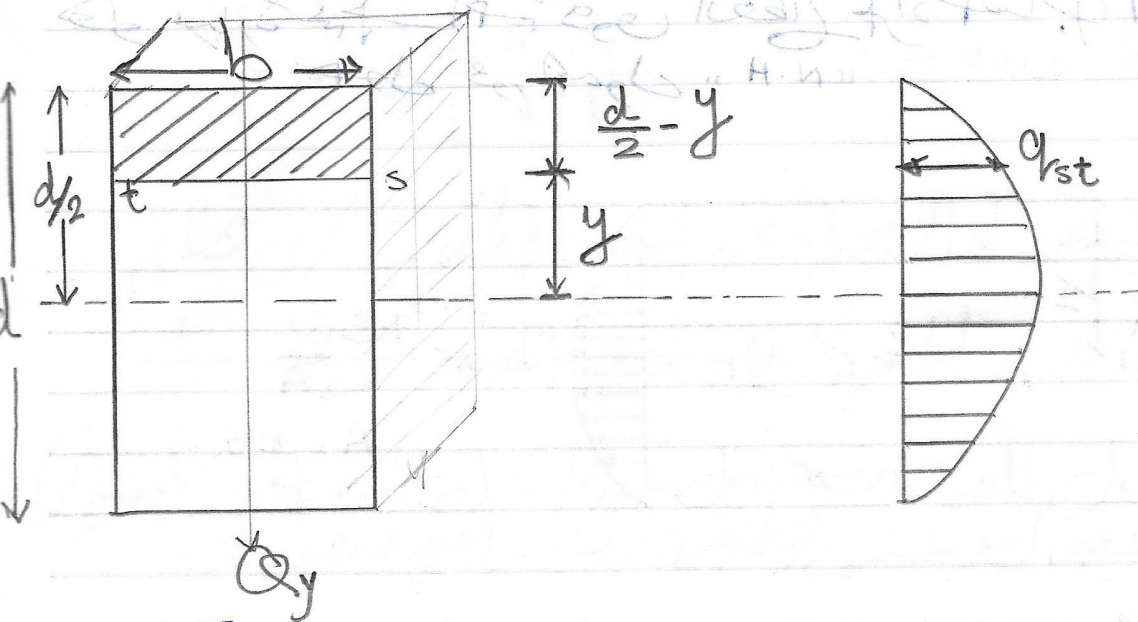
$$\left(\frac{h}{2} * b \right) * \frac{h}{4} + \left(\left(b - \frac{h}{2} \right) * \frac{1}{2} \right) * d * \left(b - \frac{h}{2} \right) = S_x$$

$$b + \left(\frac{b}{2} - \frac{h}{2} \right) * d - \frac{bd}{2} =$$

$$b + \frac{bd}{2} - \frac{hd}{2} - \frac{bd}{2} =$$

$$b + \frac{bd}{2} - \frac{hd}{2} - \frac{bd}{2} =$$

تعيين توزيع الإجهاد قصي الأضواء، خاصة بعض مقاطع الحركات
مستطيل.



قيمة إجهاد قصي الأضواء عند انحراف (st) للقطع مستطيل
تأثير قوى القص (Qy)

$$q = \frac{Q_y * S}{I_x * b}$$

$$S = \left(\frac{d}{2} - y\right) * b * \left(\frac{1}{2} \left(\frac{d}{2} - y\right) + y\right)$$

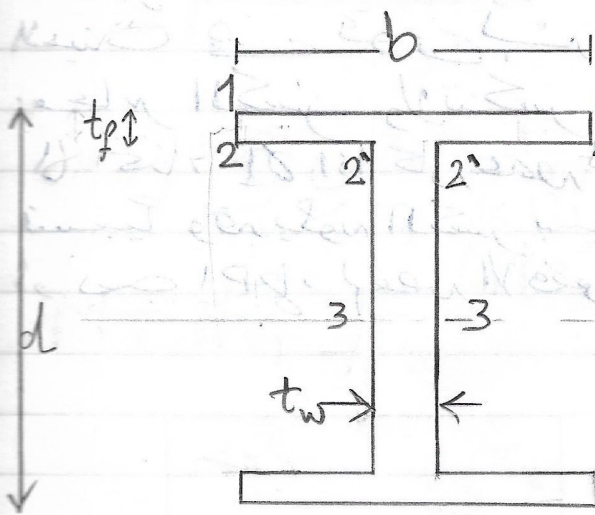
$$= \frac{bd}{2} - by + \left(\frac{d}{4} - \frac{y}{2}\right) * y$$

$$\frac{bd}{2} - \frac{byd}{4} - \frac{by^2}{2} + y$$

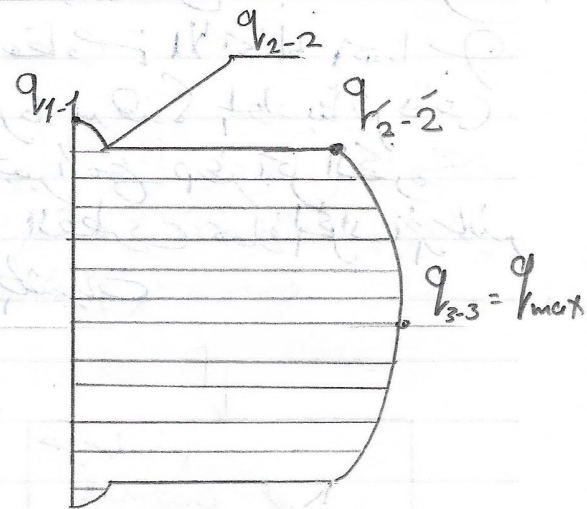
$$\frac{2bd - byd - 2by^2 + 4y}{4}$$

$$I_x = \frac{bd^3}{12}$$

$$q = \frac{Q}{I_x b} \left(\frac{2bd - byd - 2by^2 + 4y}{4} \right)$$



$$\frac{\frac{d}{2} - t_f}{2} = \frac{d - 2t_f}{4}$$



$$q_{1-1} = 0.0$$

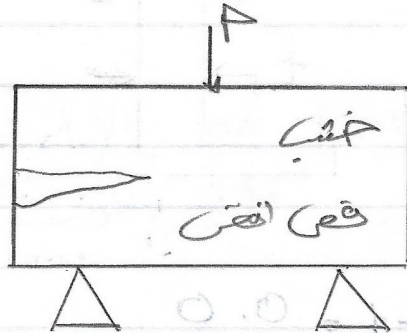
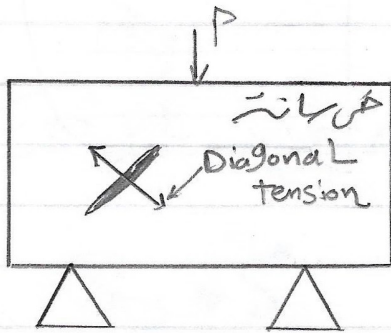
$$q_{2-2} = \frac{Q}{I_x b} \left(t_f \cdot b \cdot \frac{d}{2} - \frac{t_f}{2} \right)$$

$$q_{2-2} = \frac{Q}{I_x \cdot t_w} \left(t_f \cdot b \cdot \frac{d - t_f}{2} \right) = q_{2-2} + \frac{b}{t_w}$$

$$q_{3-3} = \frac{Q}{I_x \cdot t_w} \left[\left(t_w \cdot \frac{d}{2} - t_f \right) \left(\frac{d - 2t_f}{4} \right) \right]$$

اختبار قصى الأتخاذ

يجرى اختبار قصى الأتخاذ كاختبار قبول تنص عليه المواصفات القياسية للمواد القصفية مثل "أكيد لزهرو الجرسانه والخشب". ولا يجري اختبار قصى الأتخاذ لمعرفة مقارمات المواد لقصى الأتخاذ، وتتعرض العينات للمختبره في الأتخاذ فمناً إلى قصى الأتخاذ ولكن القوى التي تسبب كسر العينات في قوى بشر ومنهلا تتعين مقاومته الأتخاذ كما يلي معابر الكسر. ولا تنكسر الكرات المختبره به هذه المواد بتأثير قصى الأتخاذ إلا إذا كان عمده الكره المختبره كبيراً مع ضغط الكره نسبياً وقد يكون الكسر بسبب إجهاد بشر القطر كحماة الكرات الجرسانه أو بسبب إجهاد لقصى الأفقى كحماة الكرات الخشبية

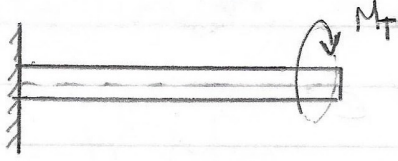


قصى الالتواء

الالتواء هو انزلاق المقطع المستعرض للجسم على المقطع الذي يحاوره حول محور طول عمودى على كل من المقطعين وليس له انزلاق المقطعين عن بعضهما في الاتجاه الرأسى أو الاتجاه الأفقى كحماة كاله إقلى المباشرة (ولكن انزلاق دورانه أحد المقطعين حول محوره على المقطع الآخر) وإحدى الالتواء إذا تعرض المقطع المستعرض إلى عزم التواء (τ) ليصل في مستوى المقطع أو موازى لمستوى المقطع ويظهر دورانه هذا العزم حول محور طول الجسم الإنشائى وإحدى الالتواء في أجزاء المنشآت والمساكنات المختلفة مثل أعمدة إدارك الجدران والعمدة الدروسة للظائره.

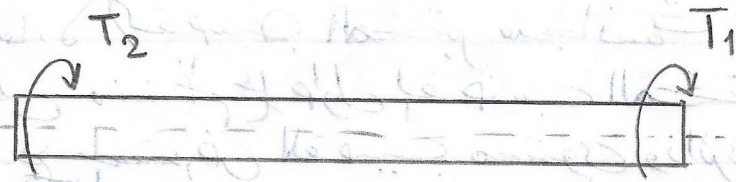
حالات مختلفت لعزوم الالتواء

١- عزوم التواء (M_T) يؤثر على إطرف الطرف لقصبة حر من أحد الأطراف ومثبت من الطرف الآخر كما في مثال كابولي

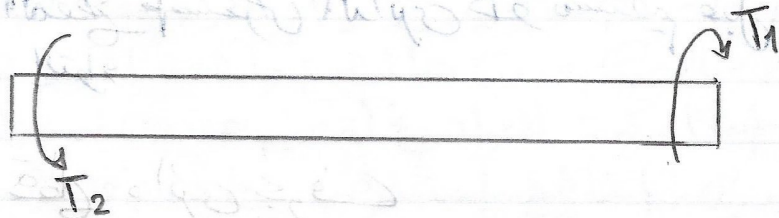


٢- تأثير عزوم التواء غير متساويين في مقدار ولهما نفس اتجاه الدوران العزم الأول (T_1) والعزم الثاني (M_{T_2}) فإذا كان $T_2 < T_1$ فإن قيمة عزوم الالتواء بالمؤشر الكمال (M_T)

$$M_T = M_{T_1} - M_{T_2}$$



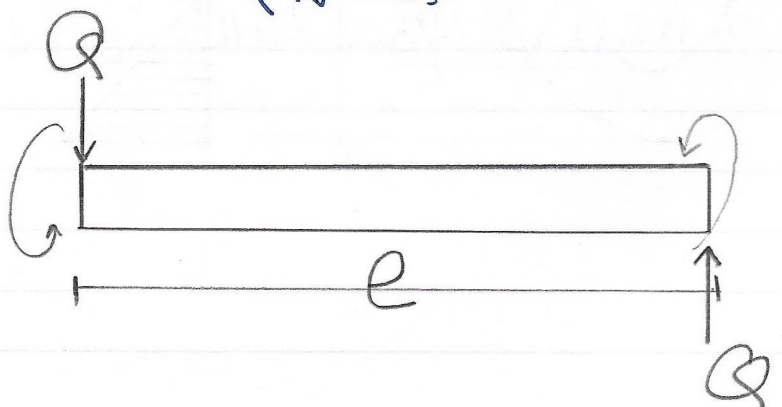
٣- وجود عزوم التواء متساويين في مقدار أحدهما عكس الآخر في الاتجاه لهما تأثير



$$T = T_1 - T_2$$

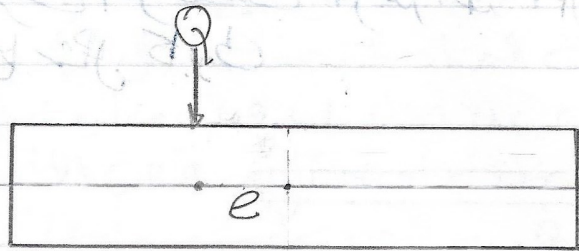
٤- تعرض العنات لقوتين متوازيتين ومتعاكستين في الاتجاه ومتساويتين في المقدار (Q) وتبعد إحداهما عن الأخرى مسافة (e) حيث تقع كل من القوتين في نفس مستوى المقطع المستعرض وبذلك نقسمه عزوم التواء قيمته (T)

$$T = Q \cdot e$$



٥- تأثير قوة لامركزية (Q) على مستوى المقطع المستعرض للعينات وتبعد
على مركز المقطع مسافة (e) فانحني نصيب عزم التواء (MT)

$MT: Q \cdot e$



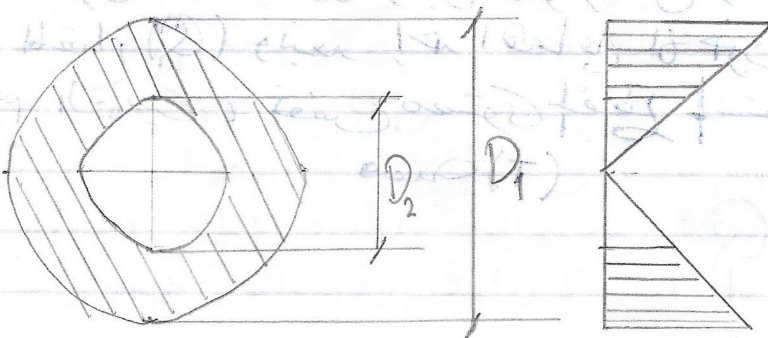
قوة الالتواء العينات ذات إقطاعات مختلفة

١- قطاع دائري مسطح

يجب ان نضع في الاعتبار بعض الفروض النظرية لتعين حجم لقوة تأثير
عزم التواء على قضيبي معدني مستدير المقطع وذلك لفروض كما يلي:

- ١- ان تكون مادة القسيب المختبر متجانسة تماماً
- ٢- " يكون اللي منتظم على طول إقطبيب المختبر
- ٣- " " المقطع المستعرض للقسيب مستوي ودائري الشكل قبل
التأثير بعزم التواء وكذلك يكون ارضاءً مستوي ودائري بعد التأثير بعزم
التواء
- ٤- ان يكون قطع المقطع المستعرض الدائري على مستقيم قبل وبعد التأثير
بعزم التواء

٥- قطاع دائري مجوف

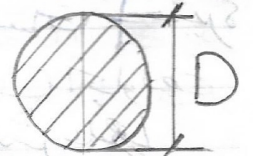


اجعلد قصى الالوتوا الأقصى وزاوية الالوتوا للقطاعات الدائرية

← دائري صفت

اجعلد قصى الالوتوا / أقصى M_{\max}

زاوية الالوتوا



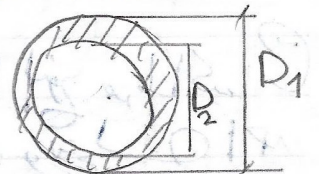
$$q_{\max} = \frac{16 M_t}{\pi D^3}$$

$$\theta = \frac{32}{\pi D^4} \cdot \frac{M_t L}{G}$$

← دائري مجوف

$$q_{\max} = \frac{16 D_1 M_t}{\pi (D_1^4 - D_2^4)}$$

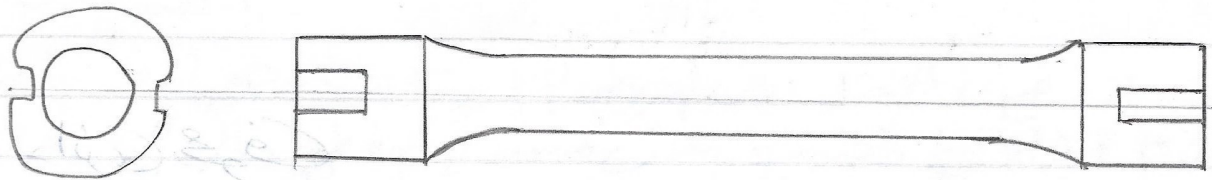
$$\theta = \frac{32}{\pi (D_1^4 - D_2^4)} \cdot \frac{M_t L}{G}$$



اختبار قصى الالوتوا

لا تنه المواصفات إختيارية إلا إجراء اختبار الالوتوا كاختبار قبول للمعادن إلا في حالة محددة حالته ولكنه اختبار هام يجرى معملياً لبيان خواصه الميكانيكية للمواد في بعض حبه ان الالوتوا هو حالة قصى حالته كانه انزلاق المقاطع المستعرضة على بعضها البعض فيجب ملاحظة الحزم إختيار كما في حالته ليشو كما انه يجرى أيضاً اختبار الالوتوا لمعرفة مدى مقاومة الأجزاء الماكينات أو المنشآت تحت تأثير الالوتوا وذلك للمقاطع المستديرة والغير مستديرة. ويستخدم اختبار الالوتوا أيضاً لدراسة تأثير عمليات المعالجة الحرارية المختلفة وخصوصاً للأجزاء المعرضة للعمليات التي تؤثر كثيراً على المعدن قرب المسطح. ويستخدم جزء المعدن في حاله مقاسات الطبعي كما في حالة محور خياري (إختيار)

وعلاوة على ذلك الاختبار تكون عبارة عن اشرطة او اى دائرة مقطوع
مع المأخذ في الاختبار انه يكون قطر مقطع عين الاختبار اقل من
قطر نهايتي العين والمركباته في ماكينه الاختبار لضمان عدم حدوث
كسر في اختيار عين احدى النهايتين ويكون الكسر في جسم العين اختبره
لضمانه من نتائج الاختبار. كما انه يجب ان يكون هناك تجاوز
يكل من نهايتي العين حتى يسجل تركيبها بماكينه الاختبار لتتكرر عليها
العين



يتم إجراء اختبار الالتواء على ماكينات خاصة بالالتواء وهذا النوع من الماكينات
لها فكين تثبيت بينهما العين المطلوب اختبارها، ويحتمل أن
هذه الفكين دائرياً مسبباً عزيم الالتواء بالعين المختبره، أما الفكين
الأخر مزود بشقل بنسب يعمل على عوارضة عزيم الالتواء لذلك
السلوكي آخر، كما يوجد بالمماكينات مقاس مدرج لبيان عزيم الالتواء
يتم أيضاً مقاسه لبيان الالتواء .
→ يمكن إجراء اختبار الالتواء على عينات من المعادن المختلفة
سواء كانت صلبات أو قصفة، حيث انه يجري على مواد بخصائص
الصلابة لتعين مقاومة القصوى للقصم وكذلك الخواص الميكانيكية في الالتواء
أما بالنسبة للمواد القصفة فإنه لا يستعمل عادة لبيان مقاومة
القصم لانه لمادة القصفة اذا تعرضت لعزيم الالتواء فإنه تنكسر بالشد
الصلبي قبل ان يصل المجهود (المقاومة القصوى للقصم) وليس
يجري هذا الاختبار على مادة القصفة بغرض دراسته بخصائصه
الميكانيكية الأخرى او للمقارنة بينه بمادة .
لذلك يتم قياس ابعاد العينات المطلوب اختبارها ثم تثبيت العينات
بماكينات الاختبار ويؤثر عليها بعزيم الالتواء (T) مدرج في القيمة من
لخفض حتى كسر العين وتسجل تراوحي الالتواء الصاحبة لكل عزيم
التواء ولتكن (θ)

